



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



23
70

**“DISEÑO DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES”**

TRABAJO ESCRITO EN OPCION A
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
LETICIA GALVAN MARTINEZ

MEXICO, D. F.

1984



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.

1.- INTRODUCCION

Debido a la constante necesidad de desarrollo que presenta el país, se ha establecido la ampliación de obras de infraestructura, y es en esta parte donde cabe mencionar el sistema carretero, ya que éste comunica las principales ciudades, puertos, impulsa nuevos polos de desarrollo y en general todas aquellas zonas cuyos recursos económicos así lo requieren; siendo por consiguiente, éste el medio por el cual se transporta gran parte de la producción nacional.

Cabe destacar que un gran porcentaje de las carreteras pavimentadas del país han sido construídas con pavimentos flexibles (la elección de éstos ha sido sobre todo por razones económicas, ya que la inversión inicial es menor que en el caso de pavimentos rígidos, pero el conservamiento es más caro), y por otro lado se emplean los recursos petroleros del país, aunque en un futuro no muy lejano se piense en sustituir estos productos.

La función del pavimento es proporcionar la superficie de rodamiento adecuada al tránsito y a su vez transmite a las capas inferiores los esfuerzos inducidos por éste a un nivel tolerable.

El diseño de un pavimento no debe realizarse en forma somera, sin antes haber efectuado estudios de tránsito, clima y una cuidadosa selección de materiales sometidos a ciertas pruebas y especificaciones. Todo esto con el fin de evitar hasta donde -

sea posible fallas en la superficie de rodamiento que traerían como consecuencia pérdidas en la producción.

Lo anterior nos lleva a realizar estudios más a fondo de estos trabajos para presentar criterios adecuados a la combinación de los factores de tránsito, clima y materiales utilizados en el diseño de pavimentos flexibles, el cual es el objetivo de este trabajo; no se contempla la estabilización de suelos por ser un tema tan amplio en el cual debe realizarse un estudio más exhaustivo que escapa a los alcances de este trabajo.

El capítulo no. 2 explica la importancia de algunos elementos en el diseño de espesor, resistencia y deformabilidad de un pavimento.

El capítulo no. 3 comenta las partes que integran una carretera, destacando la presencia del pavimento, funcionalidad y espesores recomendables de acuerdo al tipo de camino de que se trate.

El capítulo no. 4 trata las normas de calidad de los materiales empleados en terracerías, sub-bases, bases y materiales pétreos para carretas.

El capítulo no. 5 menciona las principales pruebas de laboratorio a los materiales empleados en la construcción de pavimentos.

El capítulo no. 6 trata, a manera de ejemplo, el diseño de un pavimento flexible, considerando todas sus variantes.

Al capítulo no. 7 lo constituyen las conclusiones del presente trabajo escrito.

2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO

Los factores que intervienen en el diseño de un pavimento son numerosos y tienen relación entre sí, por lo tanto, para diseñar un pavimento se debe analizar el problema desde un punto de vista general. Entre los principales factores se describen los siguientes:

- A) Estructurales
- B) Tránsito
- C) Clima y condiciones regionales
- D) Conservación
- E) Comportamiento
- F) Criterios de decisión

A) ESTRUCTURALES

Incluyen características relativas a cada una de las capas que constituyen la carretera, como son: espesores, resistencia y deformabilidad en las condiciones esperadas de servicio.

Entre los factores que contribuyen a que se tome en cuenta una buena estructuración se tiene:

- a) Las cargas del tránsito producen esfuerzos normales y cortantes en todo punto de la estructura y, además de estos, actúan en los pavimentos esfuerzos adicionales producidos por

la aceleración y frenaje de los vehículos.

b) Resistencia de los materiales

La resistencia de los materiales que forman los pavimentos, interesa desde dos puntos de vista:

i) En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento, para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.

ii) En cuanto a la capacidad de carga de la capa subrasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitir a su vez, esfuerzos a la terracería a niveles convenientes.

B) TRANSITO

Debido a que la circulación de los vehículos automotores se realiza a través de las obras viales, es necesario estudiar las características de éstos, para determinar cuales serán las bases del proyecto.

En el caso particular de los pavimentos, las características que es necesario conocer de los vehículos son:



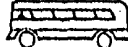




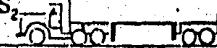
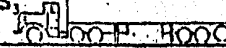
Tipos de vehículos

Pesos de los vehículos con carga

Pesos de los vehículos sin carga

Disposición de las llantas

TABLA PARA CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS.

CARRETERA _____		TRAMO: _____																
RDPA () _____		COMPOSICION: A ₂ _____ A' ₂ _____ B ₂ _____ C ₂ _____ C ₃ _____ T ₂ -S ₁ _____ T ₂ -S ₂ _____ T ₃ -S ₂ _____ T ₃ -S ₃ _____																
TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	Nº DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROJ.	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS											
			Z: 0 cms	Z: 15 cms	Z: 30 cms	Z: 60 cms	Z: 0 cms	Z: 15 cms	Z: 30 cms	Z: 60 cms								
A ₂ 			0.004	0.000	0.000	0.000												
A' ₂ 			0.536	0.064	0.023	0.015												
B ₂ 			2.000	1.890	2.457	2.939												
C ₂ 			2.000	1.890	2.457	2.939												
C ₃ 			3.000	2.817	2.457	2.940												
T ₂ -S ₁ 			3.000	3.431	4.747	5.759												
T ₂ -S ₂ 			4.000	4.358	4.747	5.760												
T ₃ -S ₂ 			5.000	5.285	4.747	5.761												
T ₃ -S ₃ 			6.000	5.239	4.746	5.758												
<table border="1"> <tr> <td>Nº de carriles en ambas direcciones</td> <td>Coeficiente C_D de distribución para el carril de proy.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40—50</td> </tr> <tr> <td>6 o mas</td> <td>30—40</td> </tr> </table>		Nº de carriles en ambas direcciones	Coeficiente C _D de distribución para el carril de proy.	2	50	4	40—50	6 o mas	30—40	TOTAL	T _{1,2,3,4} : Tránsito equivalente inicial:							
Nº de carriles en ambas direcciones	Coeficiente C _D de distribución para el carril de proy.																	
2	50																	
4	40—50																	
6 o mas	30—40																	

Años de servicio, n: _____ Tasa de crecimiento anual, t: _____ %
 Coeficiente de acumulación del tránsito, C: _____
 Tránsito acumulado: $\Sigma L_n: CT_1$ _____ $\Sigma L_n: CT_2$ _____
 $\Sigma L_n: CT_3$ _____ $\Sigma L_n: CT_4$ _____

Presión de las llantas

Carga por rueda

Tránsito diario promedio por tipo y condición de cargado o descargado de los vehículos

Velocidad del tránsito

En el mercado existe una gran diversidad de vehículos que se pueden agrupar en: automóviles, autobuses, camiones de carga: ligeros, medianos y pesados, además de tractores en remolques de diferentes tipos, (ver figura 2.1), cada uno de los cuales tienen diferentes capacidades de carga, que es transmitida al pavimento de acuerdo con la presión de las llantas, la colocación de los ejes y la disposición que en el extremo de éstos tengan las llantas; así se pueden tener llantas sencillas, dobles y tándem:

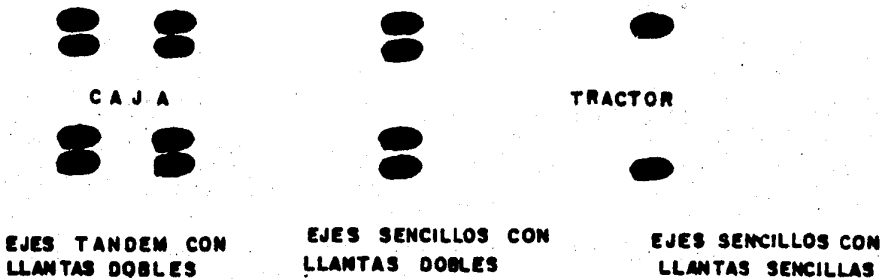


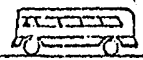
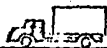
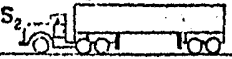
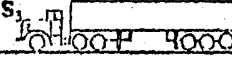


figura 2.2

TABLA PARA CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 0.2 TONELADAS.

CARRETERA _____		TRAMO: _____									
TDPA: 1 _____		COMPOSICION: A ₂ % A ₂ % B ₂ % C ₂ % C ₃ % T ₃ -S ₁ % T ₃ -S ₂ % T ₃ -S ₂ % T ₃ -S ₃ %									
		1	2*1x3	3	4	5	6	7=2x3	8=2x4	9=2x5	10=2x6
TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	Nº DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROJ.	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 0.2 TONELADAS				
			Z: 0 cms	Z: 15 cms	Z: 30 cms	Z: 60 cms	Z: 0 cms	Z: 15 cms	Z: 30 cms	Z: 60 cms	
A ₂ 			0.004	0.000	0.000	0.000					
A ₂ 			0.536	0.064	0.023	0.015					
B ₂ 			2.000	1.890	2.457	2.939					
C ₂ 			2.000	1.890	2.457	2.939					
T ₃ -S ₂ 			5.000	5.285	4.747	5.761					
T ₃ -S ₃ 			6.000	5.239	4.746	5.758					
Nº de carriles en ambas direcciones		Coeficiente C _D de distribución para el carril de proy.	TOTAL				T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄ : Transito equivalente inicial:				
2	50						T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
4	40-50		Años de servicio, n: _____				Tasa de crecimiento anual, t: _____ %				
6 o mas	30-40		Coeficiente de acumulación del transito, C _T : _____				Transito acumulado: Σ L _{n1} : C _{T1} _____ Σ L _{n2} : C _{T2} _____				
			Σ L _{n3} : C _{T3} _____				Σ L _{n4} : C _{T4} _____				

a) Por medio de fórmula

El tránsito está caracterizado por la variable ΣL o número de aplicaciones de carga estándar producidas por P tipos de vehículos durante n años.

$$\Sigma L = (TDPA)(C_D)(C_T) \sum_{i=1}^P C_i (W_i \Sigma d_m + (1 - W_i) \Sigma d_v)$$

donde:

C_i - Proporción de cada tipo de vehículo (i) en la corriente de tránsito.

C_D - Proporción del número de vehículos en el carril de proyecto. Se recomienda emplear 0.5 para carreteras de dos carriles, 0.4 a 0.5 para cuatro carriles, y 0.3 a 0.4 para seis o más carriles.

C_T - Coeficiente de acumulación del tránsito al cabo de n años de operación, con una tasa de incremento anual de tránsito igual a t:

$$C_T = 365 \sum_{i=1}^n (1+t)^{i-1} = 365 \frac{(1+t)^n - 1}{t} \quad (1)$$

d_m - Coeficiente de daño del vehículo tipo i cargado.

d_v - Coeficiente de daño del vehículo tipo i vacío.

TDPA - Volumen de tránsito diario promedio anual en ambas -

direcciones en el año inicial de operación.

W_i - Proporción de vehículos cargados por cada tipo de vehículos (i).

b) Gráficamente

Como se muestra en la figura 2.3, en donde:

Conociendo el volumen de tránsito diario promedio anual - TDPA, el cual ya es dato para el diseño, se procede a distribuirlo de la siguiente forma: TDPA por el % de cada uno de los vehículos, de esta manera se obtiene la columna no. 1.

La proporción del número de vehículos se presentan en el inciso a) para C_D .

El coeficiente de acumulación del tránsito C_T , se obtiene aplicando la fórmula (1) del inciso a).

C) CLIMA Y CONDICIONES REGIONALES

En relación al clima lo que más afecta a los pavimentos del país, es la precipitación pluvial, así como la formación geológica de las zonas por las que atraviesa el camino, ya que los problemas serán diferentes, si se tienen rocas fracturadas o suelos arcillosos impermeables.

Debido a la precipitación pluvial se debe tener cuidado -

al proyectar obras de drenaje, de tal manera que el agua de lluvia se aleje del pavimento lo antes posible; para ello se proyectan obras superficiales de tipo longitudinal o transversal, como son bombeo, cunetas, canales laterales, obras de arte (tubos, bóvedas, losas, etc.) y puentes. En el caso de aguas subterráneas que son las que mayor problema causan al pavimento, se debe dar mayor importancia a los estudios geotécnicos, para detectar las zonas que requieran obras especiales como son subdrenes, drenes laterales, capas rompeporas de capilaridad, etc., que en general tienen la función de crear un gradiente hidráulico que hace fluir el agua hacia ellos.

De acuerdo con el drenaje, en el país se pueden tener las siguientes zonas:

- a) Zonas desérticas y de bajo régimen hidrológico.
- b) Zonas de lomerío ligeramente planas, con buen drenaje, sin que presenten flujos en los 3 m debajo de la superficie.
- c) Zonas de alto régimen hidrológico, de mal drenaje o con flujos de agua más o menos superficiales, como acontece a menudo en las zonas tropicales, montañosas y, aún, en lomeríos. En este grupo deben considerarse aquellas regiones en las que el NAF es bastante superficial y con la rasante muy baja y aún a pelo de tierra.

De acuerdo a esto se debe tener cuidado en los materiales que se emplean en terraplenes, así como el material que forma -

el suelo de apoyo, ya que, aún teniendo espesores gruesos de pavimento, el agua los destruye, ya sea superficial o subterráneamente, siendo esta última la que más problemas ocasiona debido al fenómeno de capilaridad.

D) CONSERVACION

Un buen mantenimiento garantiza que las variaciones en las características constructivas de los materiales sean mínimas, - no obstante el costo puede ser excesivo. Entre los elementos - que se deben tomar en cuenta para la planeación de conservación de un pavimento, se tienen:

a) los factores climáticos.- Aquí se debe tomar en cuenta su previsión en base a la experiencia e información de las condiciones locales.

b) Intensidad del tránsito.- Se prevé el crecimiento futuro tanto del número como del tipo de vehículos circulantes.

c) Condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía terrestre. Las obras de drenaje son de vital importancia, debido a que una falla en éstas ocasionarían graves trastornos, de ahí la necesidad de darles conservación.

d) Degradación estructural de los materiales constitutivos por carga repetida, es otro aspecto que se debe tomar en cuenta en la conservación, ésta se puede determinar por medio de pruebas. Este aspecto se debe tener presente, porque los descuidos

en este terreno se reflejan en una conservación costosa o en una reconstrucción parcial o total.

E) COMPORTAMIENTO

Un pavimento adecuado, es el que llega a la falla funcional después de haber resistido el tránsito de proyecto a la calificación más alta posible y al menor costo relativo.

El comportamiento del pavimento depende de la interacción entre las características estructurales, solicitaciones del tránsito, clima, condiciones regionales y tipo de conservación aplicada.

La falla funcional ocurre cuando el índice de servicio actual, o la estimación de la calificación media de los usuarios del camino, es menor de 2.5 en la escala de cero a cinco. A continuación se explica la manera de obtener el Índice de Servicio.

El Índice de Servicio se estima frecuentemente en base a la opinión de un grupo de cinco personas, quienes recorren el camino en condiciones normales y le califican las características que presenta la superficie de rodamiento. Es importante que en todo programa para la ejecución de un estudio con fines de rehabilitar un pavimento, se incluya un levantamiento tan detallado como sea posible, de los deterioros que presenta la superficie de rodamiento y su posible relación con las condiciones de drenaje y subdrenaje, topografía de la zona y cual-

quier otra que se considere con alguna influencia en el comportamiento general exhibido por el pavimento, en la fig. 2.4 se muestra la forma que se emplea para la evaluación de un pavimento.

F) CRITERIOS DE DECISION

La construcción de caminos y, por tanto, la de su pavimento, debe ser lo más económica posible, interpretado como el de menor costo de construcción, de mantenimiento y operación durante la vida útil para la cual fue proyectado.

Dentro de los principales problemas a los que se enfrenta el proyectista se tienen:

a) Una vez que se ha planeado proyectar un camino, se elegirá el tipo de pavimento a emplear. Dentro del aspecto económico se tienen las siguientes diferencias:

i) Los pavimentos rígidos demandan menor gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado.

ii) Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa.

iii) Los pavimentos semi-rígidos pueden constituir soluciones muy económicas cuando los materiales de que se dispone pa-

FIGURA NO. 2-4

CALIFICACION ACTUAL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO.

KILOMETRAJE DE																				
A																				
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	3 MUY BUENO																			
	4 BUENO																			
	5 REGULAR																			
	2 MALO																			
	1 MUY MALO																			
0																				
CALIFICACION ACTUAL																				
PAVIMENTO ACEPTABLE	SI																			
	NO																			
	DUDOSO																			
DESCRIPCION DE DAÑOS	No Ninguno Le Ligero P=Fuerte	N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F	
	DEFORMACIONES																			
	ORIENTAS																			
	BACHES	ABIERTOS																		
		TAPADOS																		
	ZONAS LLORADAS																			
	DESPRENDIMIENTOS																			
OBSERVACIONES																				

ra la construcción los hacen convenientes.

b) Elegido el tipo de pavimento deberán seleccionarse los materiales que intervendrán en su estructura. Es posible que éstos se ofrezcan en abundancia y que el problema estriba en seleccionar el material idóneo, pero también es posible que es caseen a tal grado que obliguen al proyecto del pavimento en su conjunto a adaptarse a los que existan.

c) Cuando se fijan los bancos de materiales que se utilizarán en la construcción de un pavimento, sobrevienen muchos problemas en lo referente a la homogeneidad de los bancos, los métodos de extracción, los tratamientos a dar a los diferentes materiales, el volumen de los desperdicios y el material aprovechable.

d) La compactación incluye un gran número de incertidumbres que se resolverán sobre la marcha en base a la experiencia y al sentido común de los proyectistas y constructores.

3.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE UN PAVIMENTO

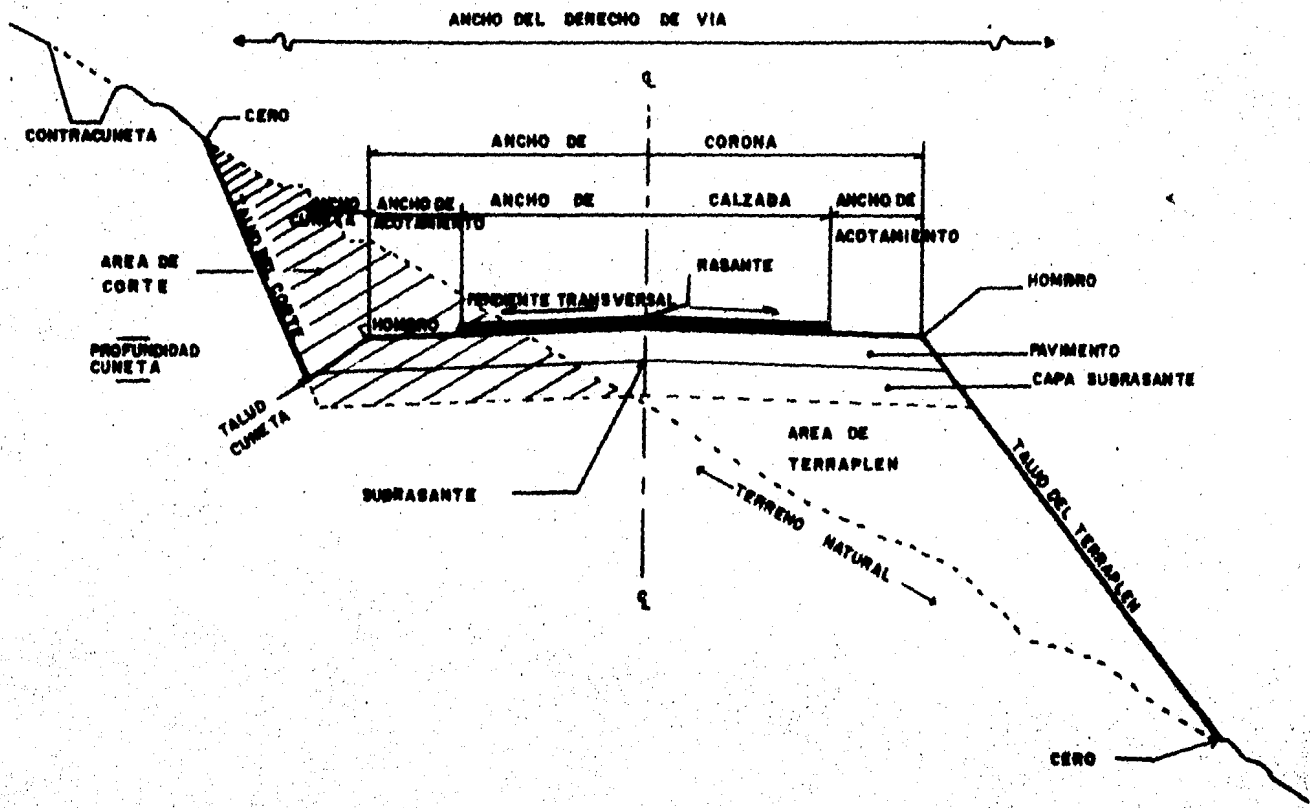
A continuación se abordan las principales características y funciones de una carretera con pavimento flexible. fig. 3-1.

A) CORONA

Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino. Los elementos que definen la

FIGURA 3-1

SECCION TRANSVERSAL.



corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

a) Rasante.- Línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.

b) Pendiente transversal.- Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan 3 casos:

b.1) Bombeo

b.2) Sobreelevación

b.3) Transición del bombeo a la sobreelevación

b.1) Bombeo.- Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino.

b.2) Sobreelevación.- Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

b.3) Transición del bombeo a la sobreelevación.- Es el cambio de pendiente en la corona que se requiere al pasar de una sección en tangente a otra en curva.

c) Calzada.- Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circula-

ción de una fila de vehículos.

El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y, excepcionalmente, en el vertical.

d) Acotamientos.- Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen como principales ventajas:

d.1) Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada.

d.2) Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada, así como dar confinamiento al pavimento.

d.3) Mejorar la visibilidad en los tramos en curva, sobre todo cuando el camino va en corte.

d.4) Facilitar los trabajos de conservación.

El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar.

B) SUBCORONA.- Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento.

a) Terracerías.- Es el volumen de material que hay que cor

tar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona, define los espesores de corte o terraplén en cada punto de la sección. A los puntos intermedios en donde esta diferencia es nula, se les llama puntos de vaso y a las líneas que unen esos puntos en un tramo del camino, línea de vaso. A los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan al terreno natural se les llama ceros.

b) Capa subrasante.- Es la capa divisoria entre el pavimento y la terracería, y es en esta capa donde es posible controlar las características de deformabilidad de la subestructura y en donde se desarrollan y absorben los esfuerzos cortantes significativos producidos por el tránsito.

c) Pavimento.- Es la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente están formados por la sub-base, la base y la carreta, definiendo ésta última la calzada del camino.

c.1) Sub-base.- Permite reducir el espesor de la base, sirve de transición entre el material de base y la subrasante, absorbe deformaciones perjudiciales en la subrasante y actúa de dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento e impi

de la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería.

c.2) Base.- Permite reducir el espesor de carpeta; proporciona un elemento resistente que transmita a la sub-base y subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito; drena el agua que se introduce a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, e impide la ascensión capilar.

c.3) Carpeta.- La función de la carpeta asfáltica es proporcionar una superficie tersa y segura al rodamiento de los vehículos. Debe tener suficiente resistencia tanto al desgaste como a la fractura para soportar las cargas. Debe ser antiderrapante y no deformarse. A la carpeta asfáltica la acompaña el riego de sello.

La función del riego de sello es impermeabilizar o vitalizar la superficie reseca y desgranada.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

d) Subrasante.- Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

e) Ancho de subcorona.- Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

C) CUNETAS Y CONTRACUNETAS

a) Cunetas.- Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

La cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; su talud es generalmente 3:1 del fondo de la cuneta por te el talud del corte.

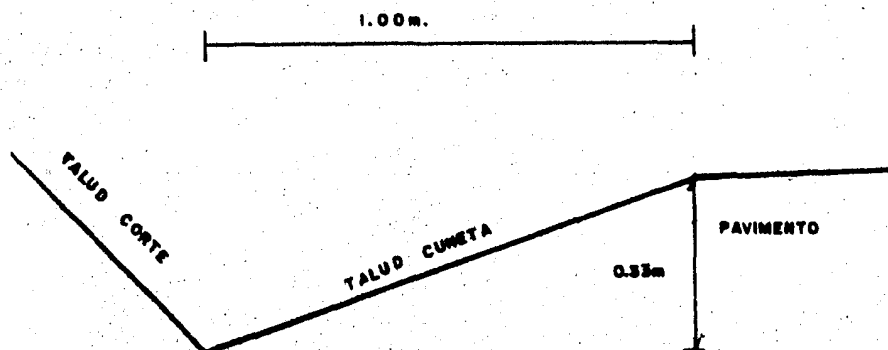


figura 3-2

La longitud de una cuneta está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda por el acotamiento, por lo que deberá limitarse esta longitud colocando alcanterillas de alivio o proyectando las canalizaciones correspondientes.

b) Contracunetas._ Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

D) TALUD

Es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. En caminos se le llama talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para éste, es de 1.5. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.

E) PARTES COMPLEMENTARIAS

Bajo este nombre se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fa-
jas separadoras. Las defensas y los dispositivos para el control del tránsito, también pueden considerarse; su aplicación y diseño están tratados en el manual de Dispositivos para el Control del Tránsito, editado por S.C.T.

a) Guarniciones: Son elementos parcialmente enterrados, -
comunmente de concreto hidráulico que se emplean principalmen-
te para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear
la orilla del pavimento.

b) Bordillos: Son elementos generalmente de concreto as-
fáltico, que se construyen sobre los acotamientos junto a los
hombros de los terraplenes, a fin de encauzar el agua que escu-
rre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en el
talud del terraplén. El caudal recogido por el bordillo se des-
carga en lavaderos contruidos sobre el talud del terraplén.

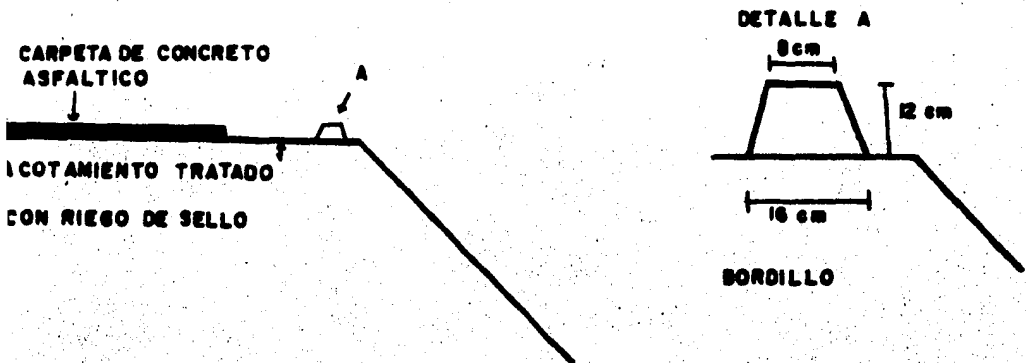


figura 3-3

d) Derecho de vía.- Es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho generalmente se encuentra entre 20 m. para una carretera normal y de 40 m. para una autopista.

4.- MATERIALES QUE FORMAN LAS DIFERENTES CAPAS.

Son los que provienen de la corteza terrestre, ya sea que se extraigan de cortes o préstamos y que se utilizan en la construcción de terraplenes o rellenos, los cuales se pueden emplear solos, mezclados o estabilizados con otros materiales naturales o elaborados en tal forma que reúnan características adecuadas para su uso.

Clasificación de fragmentos de roca y suelos para fines de su utilización en terracerías.

Los materiales para terracerías se clasifican de acuerdo con lo indicado en el cuadro anexo no. 4-1.

La carta de plasticidad que se utiliza como complemento en la clasificación de suelos, es la que se indica en la figura 4-2.

Características y recomendaciones para uso en Terracerías.

Para obtener mejores resultados, al usar los materiales

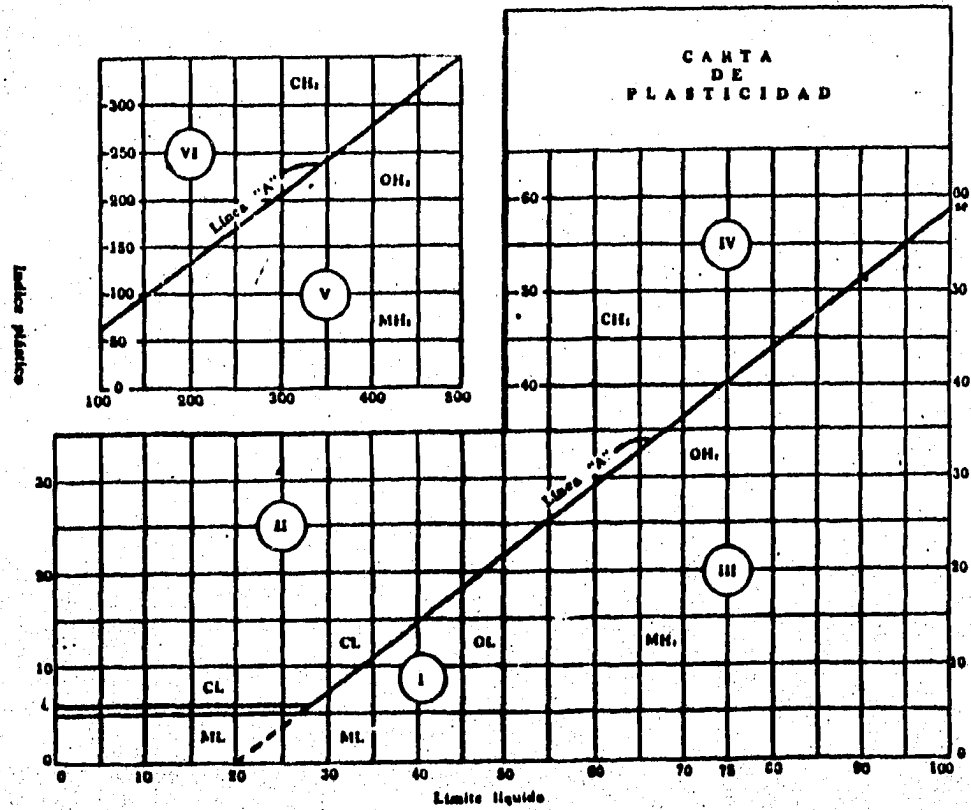
CUADRO NUMERO 4-1

TIPO	SUB-TIPOS	SÍMBOLO DE GRUPO	CARACTERÍSTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBA ESPECÍFICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PEROS VOLÁTILES MÁXIMOS	RECOMENDACIONES PARA SU USO			
					CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA DE SUB-ABASE EN TERRAPLENES Y OOLIFER		
FRAGMENTOS DE ROCA	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg Fgm Fgo Fgnc Fgon	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándose en su posición más estable, entendiéndose que el al. pie volteo no constituye un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE		
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fra Fmc Fmg Fmng Fmgo	Susceptibles de acomodarse por banda con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE		
	CHICOS MAYORES DE 7.6 cm y MENORES DE 20 cm	Fe Fem Feg Femg	Susceptibles de acomodarse por banda con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE		
S U E L O S	GRUESOS	GRAVAS	GW	Susceptibles de compactar con equipo especial.	AASHO EST. 1. A DAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA DINÁMICA En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	50% de Compactación	95% de Compactación	
			GP					
			GM					
			GC					
	FINOS	ARENAS	SW					
			SP					
			SM					
			SC					
			LIMITES LIQUIDO MENOR DE 50					ML
								CL
OL								
LIMITES LIQUIDO ENTRE 50 Y 100	MH ₁							
	CH ₁							
	OH ₁							
LIMITES LIQUIDO MAYOR DE 100	MH ₂							
	CH ₂							
	OH ₂							
ALFAMENTOS ORGANICOS	TURBA	Ps			NO DEBEN USARSE	NO DEBEN USARSE		

El proyecto deberá especificar aquellas capas en que no se puede construir por capas, sino o parte del terraplén. Las pedras de fragmentos de roca y carbón, en que predominan las, pedras, en capas, se aconseja ser a servirse de compactación con equipo especial, aunque no puede determinarse el grado de compactación. Este solo podrá usarse en el cuerpo del terraplén y el proyecto debe el procedimiento a seguir en cada caso.

No deberán usarse materiales con valor relativo de absorción saturado menor de 5%, o cualquier mayor de 5%.

FIGURA NO. 4-2



de terracerías se recomienda, de acuerdo con sus características, cumplir con lo indicado en el cuadro anexo 4-3. En el caso de que por condiciones de extrema necesidad tengan que emplearse, en el cuerpo del terraplén, materiales que no se encuentren clasificados en el cuadro anexo 4-3, el proyectista con base en pruebas de laboratorio, podrá autorizar su empleo fijando los porcentajes de compactación que juzgue adecuados, así como las pruebas para determinar los pesos volumétricos secos máximos a que deben referirse los citados porcentajes de compactación.

Materiales para subrasantes

Los materiales que se utilicen en la capa subrasante deberán cumplir con las normas de calidad que se indican en la última columna del cuadro 4-3, en un espesor no menor de treinta (30) centímetros. Cuando se trate de una terracería ya existente y su capa subrasante no reúna las características adecuadas, el proyectista dará el tratamiento adecuado. Si esto no es posible, se construirá una nueva capa subrasante, ya sobre la anterior, o después de rebajar ésta al espesor necesario.

En algunos casos, y a juicio del proyectista, se podrán emplear en la construcción de la capa subrasante, materiales estabilizados con cal, cemento portland, materiales puzolánicos, o materiales asfálticos, siendo necesario, para esto, hacer los estudios y proyectos correspondientes.

Materiales para sub-bases y bases de pavimento.

Son los materiales seleccionados que se emplean en la construcción de sub-bases y bases de pavimento, ya sea que se establezcan o no, con algún producto natural o elaborado.

Clasificación

a) Materiales naturales.

a.1) Materiales pétreos que no requieren ningún tratamiento de disgregado, cribado o trituración.

a.2) Materiales pétreos o de origen aluvial que, para su utilización, requieren tratamientos de disgregado.

a.3) Mezcla de materiales del grupo a.1 o del grupo a.2 .

b) Materiales estabilizados.- Son los materiales de los grupos a.1 y a.2, mezclados con cemento portland, material asfáltico, materiales mezclados con cal hidratada y puzolana o cal hidratada y cemento portland.

Materiales empleados en sub-bases.

Son los que se mencionan en el grupo a y deberán llenar los siguientes requisitos:

1) Granulometría:

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona I y el superior de la zona 3 de la figura 4-4, deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente. La relación del porcentaje en peso que pase la malla número 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de cincuenta y un (51) milímetros (2").

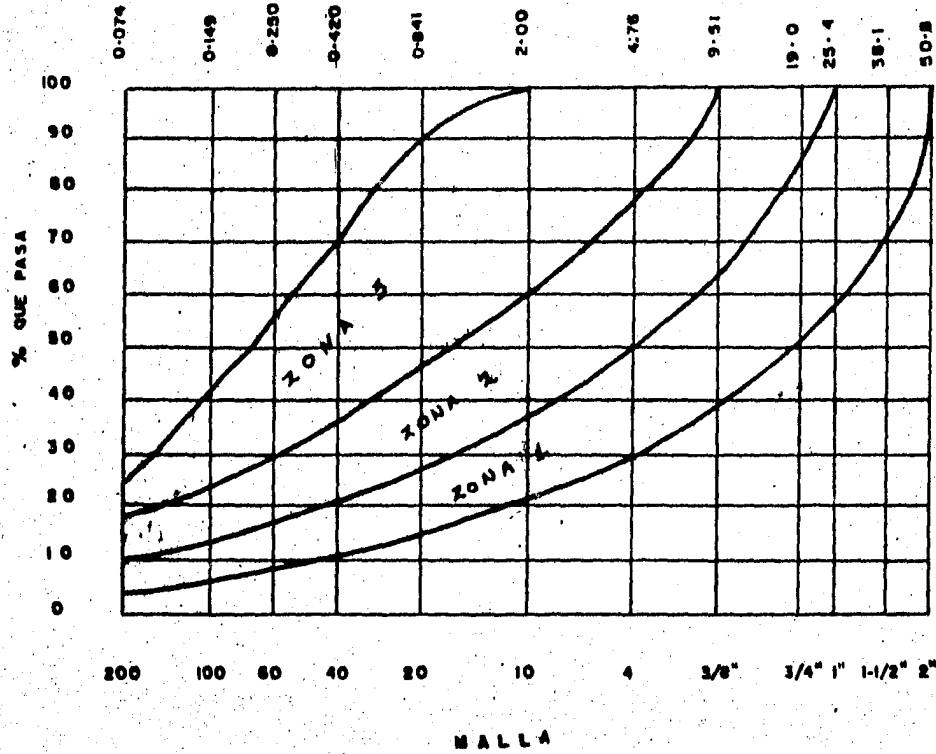
ii) De contracción lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, serán los valores fijados en el siguiente cuadro.

CARACTERISTICAS	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría.		
	1	2	3
Contracción lineal en %	6.0 máx.	4.5 máx.	3.0 máx.
Valor cementante para materiales angulosos, en Kg/cm ²	3.5 mín	3.0 mín	2.5 mín
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en Kg/cm ²	5.5 mín	4.5 mín	3.5 mín
Valor relativo de soporte estándar saturado en %		50 mín	
Equivalente de arena en %		20 min tentativo	

FIGURA NO. 4-4

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

ABERTURA EN MILIMETROS



Quando la curva granulométrica del material se aloje en dos (2) zonas, en la parte correspondiente a la fracción comprendida entre las mallas números 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pasa la malla número 200 sea menor de 15%, en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

El grado de compactación del material estará comprendido entre un noventa y noventa y cinco por ciento mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación

Materiales empleados en bases.

Son las comprendidas en el grupo a y deberán llenar los siguientes requisitos:

i) Granulometría

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figura 4-4 . Preferentemente deberán emplearse materiales cuya curva granulométrica se localice en las zonas 1 ó 2 . La curva granulométrica deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, - sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación del

porcentaje en peso que pase la malla número 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65) .

El tamaño máximo de las partículas de material no deberá ser mayor de cincuenta (50) milímetros (2"), para el material correspondiente al grupo (a) o de treinta y ocho (38) milímetros (1 1/2") para el material correspondiente al grupo (b).

De límite líquido, contracción lineal y valor cementante, los fijados en el siguiente cuadro.

Características	zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulométrica.		
	1 30 máx	2 30 máx	3 30 máx
Límite líquido en %	4.5 "	3.5 "	2.0 "
Contracción lineal, %	3.5mín	3.0mín	2.5mín
Valor cementante, para materiales angulosos - Kg/cm ²	5.5mín	4.5mín	3.5mín
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos en kg/cm ²			

De valor relativo de soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, los fijados en el siguiente cuadro:

Intensidad de tránsito en ambos sentidos	Valor relativo de <u>sopos</u> , (tentativo)	Equivalente de arena (tentativo)	Indice de durabilidad (tentativo)
Hasta 1000 vehículos pesados al día	80 mín	30 mín	35 mín
más de 1000 vehículos pesados al día	100 mín	50 mín	40 mín

El material deberá compactarse al noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación.

Hasta aquí se ha comentado el empleo de materiales naturales, pero hay ocasiones en que los materiales que existen en el lugar, no reúnen las características indicadas anteriormente, y resulta costoso trasladar un material de un sitio a otro, entonces se recurre a la estabilización o mejoramiento del suelo del lugar.

Las estabilizaciones se emplean de acuerdo al tipo de suelo que se tenga en el lugar siendo generalmente su uso - como sigue:-

El cemento y la cal se emplean para disminuir la plasticidad de los suelos. El uso de la cal está limitado a suelos que contengan minerales arcillosos, con las cuales se realiza la acción puzolánica, que lentamente va cementando

las partículas del suelo.

El uso de los productos asfálticos está limitado a sue los granulares, ya que es muy difícil estabilizar un material arcilloso por los grumos de esos suelos.

Materiales para carpetas asfálticas.

Son los materiales pétreos seleccionados que, aglutina dos con un material asfáltico, se emplean para construir car petas o mezclas asfálticas, cuyo espesor se encuentra com - prendido usualmente entre cinco y quince centímetros.

Las características de los materiales que forman las - mezclas asfálticas son las siguientes:

i) La curva granulométrica del material corresponde a materiales pétreos de granulometría gruesa, cuyo tamaño má - ximo es de 25.4 milímetros (1").

ii) El material asfáltico puede ser: cementos asfálti - cos, asfáltos rebajados y emulsiones.

5.- PRUEBAS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

Dentro del campo de los pavimentos existen diversas pruebas

indicativas de las características de los suelos, pero en nuestro país, las más usuales se encuentran reglamentadas en las - Especificaciones Generales de Construcción, Parte novena.

De acuerdo a las características de los materiales empleados en la construcción de pavimentos (cap. 4), se presentan a continuación las siguientes pruebas:

- A) Contracción Lineal
- B) Valor Cementante
- C) Equivalente de Arena
- D) Prueba de compactación Proctor
- E) Prueba de compactación Porter
- F) Valor Relativo de Soporte estándar
- G) Valor Relativo de Soporte modificado
- H) AASHO estándar
- I) AASHO modificada
- J) Prueba de Placa

A) Prueba de Contracción Lineal.

La contracción lineal de un suelo es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción.

La prueba de Contracción lineal consiste en:

- a) Se toma material que esté en el límite líquido.
- b) Se llena un molde de dimensiones estándar que ha sido previamente engrasado, para evitar que el material se adhiera a las paredes.
- c) Se llena el molde en tres capas revolviendo levemente cada una de ellas para producir la expulsión del aire.
- d) Se enrasa el material con una espátula.
- e) Se deja secar la barra al aire hasta que su color cambie de obscuro a claro.
- f) Se pone a secar en el horno por un lapso de 18 horas.
- g) Se mide la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde.

La contracción lineal se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C.L = \frac{\text{Long. molde} - \text{Long. mat. seco}}{\text{Long. molde}} \times 100$$

B) Valor Cementante.

El valor cementante es una función de la forma y acomodo de las partículas de suelo y de su rugosidad, de la plasticidad

dad de los finos y de otros fenómenos que tienen relación con la composición química del suelo.

El objeto de esta prueba es determinar el poder de cementación de un suelo fino o de la fracción que pasa la malla - núm. 4.

La prueba consiste en:

a) El material que ha sido previamente secado y discrepado se tamiza a través de la malla no. 4 hasta obtener una - - muestra de aproximadamente 3 kg.

b) Se le aumenta el agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación.

c) Se toman tres muestras iguales, (en peso), del material y en cada una de las muestras se compacta el material en tres capas, (en el molde especial para la prueba) se apisona cada capa con 15 golpes de una varilla que se deja caer desde una altura de 50 cm.

d) El molde con todo y material compactado se coloca en el horno a 40°C de temperatura y se mantiene allí hasta que pierde el material la suficiente humedad para permitir la remoción del molde.

e) Se continúa el secado a una temperatura de 100°C a 110°C hasta que pierde toda la humedad. Posteriormente se sa

ca el espécimen y se deja enfriar.

f) Se colocan placas de cartón en las caras superior e inferior del espécimen o bien se cubre cada una de las caras de la muestra.

g) Se calcula el valor cementante como el promedio de la resistencia a la compresión no confinada obtenida en los tres especímenes.

C) Prueba del Equivalente de Arena.

Esta es una prueba para investigar la presencia o ausencia de materiales finos o arcillosos que sean perjudiciales para los suelos.

La prueba consiste en:

a) Se humedece la muestra y se tamiza a través de la malla no. 4, disgregando las partículas gruesas.

b) En un cilindro de dimensiones establecidas, se introduce una solución defloculante, hasta alcanzar una altura de 4 pulgadas en la graduación que tiene el cilindro.

c) Se vacía dentro del cilindro el contenido de una cápsula de 33 ml. de la muestra del suelo.

d) Se golpea el fondo del cilindro con la mano, con el -

fin de que salgan las burbujas de aire.

e) Se deja reposar la muestra durante 10 minutos.

f) Se tapa el cilindro para poder agitarlo fuertemente en el sentido longitudinal, en posición horizontal.

g) Una vez realizado lo anterior, se destapa y se lava la mezcla, para lo cual se utiliza el chorro de un irrigador especial de características establecidas, que introduce agua en el cilindro hasta que el agua alcance 38.1 cm. de altura, (en la graduación que tiene el cilindro).

h) Se deja el cilindro en reposo durante 20 minutos, con el objeto de que haya un asentamiento del material, segregándose se éste según sus características de tamaño y peso.

i) Una vez que se ha dejado que el material se asiente, - se mide la altura que alcanza la capa superior de la arcilla - en suspensión.

j) Hecho lo anterior, se introduce un pisón de características estándar con un peso aproximado de 1 kg., haciendo que - descance sobre la arena y, posteriormente, midiendo la altura - que alcance el nivel superior de la arena.

k) Se calcula el equivalente de arena como:

$$E.A. = \frac{\text{Alt. del nivel superior de la arena}}{\text{Alt. del nivel superior de la arcilla}}$$

El valor que se tomará como equivalente de arena será el promedio de los valores del equivalente de arena obtenidos en tres pruebas realizadas.

D) Prueba PROCTOR

La prueba Proctor es una prueba de compactación que se realiza en suelos que pasen la malla no. 4, (de 4.76 mm. de abertura).

Los objetivos de la prueba son los siguientes:

a) Determinar el peso volumétrico máximo que puede alcanzar un material y la humedad óptima a la que debe hacerse la compactación del mismo.

b) Determinar el grado de compactación alcanzado por el material durante la construcción o en terracerías ya construídas, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar, con el peso volumétrico máximo Proctor.

La prueba Proctor es válida para materiales que pasen la malla no. 4, pues en materiales más gruesos el agua no ayuda al acomodo de las partículas de suelo sino que fluye, y no ayuda a la compactación.

La prueba consiste en:

a) Se disgrega la muestra de material obtenido hasta que

pase la malla no. 4.

b) Se compacta el material en un molde cilíndrico de dimensiones estándar formando 3 capas aproximadamente iguales, para lo cual se utiliza un pistón metálico de dimensiones establecidas, (que se deja caer desde 30 cm. de altura), hasta dar 30 golpes repartidos uniformemente en cada capa.

c) Ya apisonado el material se pesa el molde con su contenido.

d) Posteriormente se extrae un corazón del espécimen y se seca para determinar su contenido de agua.

e) Tomando otra muestra del mismo material se disgrega hasta que pase la malla no. 4.

f) Se le agregan 60 cm³ de agua y se repite el procedimiento anterior. Este procedimiento se repetirá tantas veces como sea necesario hasta definir una disminución en el peso del suelo compactado.

De las determinaciones mencionadas anteriormente se obtendrán:

$$\gamma_h = \frac{(P_{mat} + P_{molde}) - P_{molde}}{\text{Vol molde}}$$

γ_h = peso volumétrico húmedo del material.

(El peso del material + peso del molde), fue obtenido en el inciso "c". Tanto el peso del molde como su volumen son datos conocidos para cada equipo de compactación.

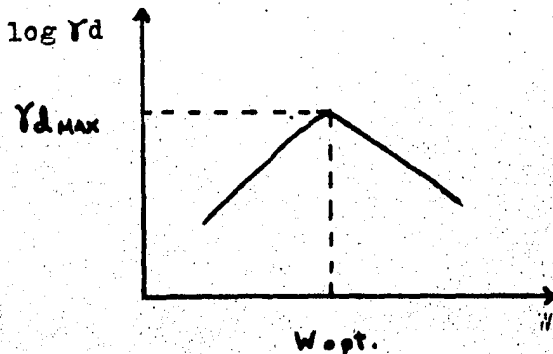
Una vez determinado lo anterior se obtiene el peso volumétrico seco del material, (γ_d):

$$\gamma_d = \frac{\gamma_d}{1 + W}$$

W = contenido de agua del espécimen compactado, obtenido en el inciso "d".

Así, conociendo γ_d y W para cada espécimen compactado como se indica anteriormente, se traza una curva: $\log \gamma_d - W$ y el γ_d máximo con su correspondiente W serán los datos buscados, (el peso volumétrico seco máximo y su contenido de agua óptimo).

La curva será del tipo de la que se muestra abajo:



E) Prueba PORTER

La prueba Porter se realiza en suelos gruesos de hasta 25.4 mm. (1"); tiene como finalidad la determinación del peso volumétrico máximo que puede alcanzar el material con un procedimiento de compactación definido para ésta prueba, así como la humedad óptima a la que debe hacerse dicha compactación.

Para este caso se define como humedad óptima, a la humedad mínima requerida por el suelo para alcanzar su peso volumétrico seco máximo cuando es compactado por una carga de 140.6 kg/cm².

La prueba consiste en:

- a) Se disgrega la muestra de 20 kg y se tamiza por la malla de 25.4 mm. Del material que pasó la malla se separarán 4 partes de 4 kg cada una.
- b) A una de las cuatro partes separadas anteriormente, se le incorpora agua, haciéndolo en forma homogénea y posteriormente colocando el material en tres capas dentro de un molde de dimensiones estándar.
- c) Con una varilla metálica de dimensiones establecidas se le dan 25 golpes a cada capa de manera que se acomodan.
- d) Una vez colocadas las capas se compacta el material aplicando lentamente una carga uniforme que se incrementa hasta alcanzar la presión de 140.6 kg/cm². La aplicación de la

carga debe realizarse en un tiempo de 5 minutos.

e) Si al alcanzar la presión de 140.6 kg/cm^2 exhuda la base de la muestra, (sale agua de la base de la muestra), se ha llegado a la humedad óptima de compactación y se determina la altura del espécimen.

f) Conociendo la altura del espécimen se calcula su volumen.

g) Realizado lo anterior, se obtiene el peso volumétrico-húmedo del material, (γ_h) en ésta forma:

$$\gamma_h = \frac{(P_{\text{molde}} + P_{\text{esp. húmedo}}) - P_{\text{molde}}}{\text{Vol esp.}}$$

(El peso molde + peso espécimen húmedo) se obtiene al pesar el molde con el material después de sucedida la exudación.

El volumen del espécimen se obtuvo anteriormente, (inciso "f").

El peso del molde es conocido para el equipo usado.

h) Hecho el cálculo anterior, se extrae el material del molde, se seca y se pesa.

i) Conocido el peso seco del espécimen, se calcula el contenido de agua, (W) :

$$W = \frac{(P_{\text{molde}} + P_{\text{esp. hum.}}) - P_{\text{molde}} - P_{\text{esp. seco}}}{P_{\text{esp. seco}}}$$

j) Hecho lo anterior, se calcula el peso volumétrico seco mediante la expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + W}$$

Así se conocen, tanto el contenido de agua óptimo, como su correspondiente peso volumétrico seco máximo.

Si al alcanzar la presión de 140.6 kg/cm² no sucede la exudación, se concluye que la humedad del espécimen no es la óptima y se procede a tomar otra porción de 4 kg del mismo material, a la cual se le agrega tanta agua como la del espécimen anterior más 80 cm³ y se repite el procedimiento a partir del inciso "b" hasta que se produzca la exudación. Si ésta no sucede, se repite el proceso con 80 cm³ más que en la segunda iteración.

F) Prueba de Valor Relativo de Soporte estándar

Se define como Valor Relativo de Soporte (VRS), al cociente de la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm. en el material a probar entre la presión necesaria para penetrar los mismos 0.25 cm. en el material patrón, (piedra triturada), en la que se producen las presiones en el vástago que se anotan en la siguiente tabla:

Penetración		Presión en el vástago	
cm	ulg	kg/cm	lb/ulg
0.25	-- 0.1	70	1,600
0.50	-- 0.2	105	1,500
0.75	-- 0.3	133	1,900
1.00	-- 0.4	161	2,300
1.25	-- 0.5	182	2,600

El objetivo de la prueba es el siguiente: determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de sonorte se refiere; se utiliza para ver si un material cumple con las condiciones necesarias en las bases de un pavimento. En general se aplica el VRS estándar a materiales gruesos.

La prueba consiste en:

a) Se compacta el material según la prueba Porter, (ya que se trata de un material grueso).

b) Una vez compactado el material se le deja saturar durante 4 días.

c) Posteriormente se le coloca encima una placa que le transmitirá una presión equivalente a la que tendrá cuando forme parte del pavimento.

La placa tiene una perforación por la que pasa un vástago de 19.4 cm² de área transversal, (2.43 cm de radio).

d) Se hace penetrar el véstavo a través de la placa a razón de 0.127 cm/min., midiendo la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm. en el material sujeto a prueba. Dividiendo la presión medida en la prueba entre la necesaria en el material patrón, se obtiene el VRS. La presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm. en el material patrón se conoce.

Para obtener el VRS estándar se sujetó el material a la prueba PORTER, (se le compactó al 100% de su peso volumétrico-seco máximo) y se saturó; pero estas condiciones de compactación al 100% y de saturación completa no son las condiciones representativas del campo, ya que el material por lo general no estará saturado en el campo y su compactación será la que se especifique en el proyecto, no necesariamente el 100%.

Lo anterior obliga a que el Diseño del espesor de las capas del pavimento se base en el VRS modificado, que representa más cercanamente las condiciones de campo, tanto en compactación como en humedad.

G) Prueba del Valor Relativo de Soporte Modificado

Esta prueba se emplea en el diseño de los espesores de las distintas capas del pavimento, ya que en éste intervienen materiales para base y sub-base, (gruesos), y materiales para subresante y terracería, (finos), se emplearán las pruebas de compactación correspondientes, Porter para suelos gruesos y Proctor para suelos finos.

El VRS modificado tiene dos variantes: la variante 1, para pavimentos en sitios donde haya buen drenaje y poca precipitación, y la variante 2, para suelos donde exista mal sistema de drenaje y mucha precipitación.

Grado de compactación %	VARIANTE 1 Buen drenaje y precipitación baja a media	VARIANTE 2 Drenaje deficiente y precipitación media o bien precipitación alta
100	W_0	W_0
95	W_0	$W_0 + 1.5$
90 - 75	W_0	$W_0 + 3.0$

La prueba del VRS modificada consiste en lo siguiente:

a') Se compacta el material según la prueba PROCTOR, (para materiales finos de terracería o subrasante), o la prueba PORTER, (para materiales gruesos de la base o sub-base).

De las pruebas anteriores se conocen la humedad óptima y el peso volumétrico seco máximo, (γ_d máx.), del material sometido a prueba.

b') Conocidos los datos anteriores se prepara otra muestra hasta que alcance el grado de compactación que fije el proyecto, variando el contenido de agua óptimo determinado en la prueba utilizada, según las condiciones generales de la zona donde se construirá el pavimento.

El grado de compactación lo fija el proyectista en base a-

la experiencia, costos e importancia de la obra. El contenido de agua, que debe fijarse, ha sido especificado por la SCT en las Especificaciones Generales de Construcción, parte novena, - P 126 y 127.

c') Una vez que la muestra se encuentra con la compactación y el contenido de agua especificados en el inciso anterior, se realiza la prueba del VRS siguiendo los mismos pasos indicados para el VRS estándar a partir del inciso "c" hasta el "d".

H) Prueba AASHO Estándar.

La prueba tiene por objeto determinar la relación entre el peso volumétrico y el contenido de los suelos.

Existen cuatro alternativas de prueba:

- Método A.- En molde de 10.16 cm. (4"), con suelo que pasa la malla no. 4 .

- Método B.- En molde de 15.24 cm. (6"), con suelo que pasa la malla no. 4 .

- Método C.- En molde de 10.16 cm. (4"), con suelo que pasa la malla de 3/4" .

- Método D.- En molde de 15.24 cm. (6"), con suelo que pasa la malla de 3/4" .

Cuando no se especifique el método a usar, se entenderá - que se trata del A.

A continuación se describe brevemente en que consisten los cuatro métodos.

Método A

a) Cribese el suelo por la malla no. 4 (4.76 mm) y elimíne se el retenido.

b) Selecciónese una muestra representativa de 3 kg.

c) Incorpórese a la muestra la cantidad de agua suficiente para ponerla cuatro o seis puntos (en porcentaje), bajo la humedad óptima esperada.

d) Divídase la muestra en 3 capas. El molde tendrá instalada su extensión y deberá llegarse a un espesor total compacte de unos 13 cm., compactese cada capa con 25 golpes de pisón, distribuyéndolos uniformemente y con una altura de caída de - 30.48 cm. (12").

Después de la compactación, remuévase la extensión del - molde y enrásese el suelo compactado, utilizando la regla metálica. Pézese el conjunto y réstese la tasa del molde, para tener el peso húmedo del material. Divídase entre el volumen del molde, para obtener el peso volumétrico de la masa del - suelo y m.

e) Retírese el material del molde, sin desmoronarlo y divídase el espécimen en dos porciones. tómesese una muestra representativa y determínese el contenido de agua del suelo.

f) Desmorónese el resto del material hasta que vuelva a quedar en condiciones de pasar por la malla no. 4, añádasele suficiente agua para aumentar su humedad en 1 ó 2 puntos y repítase todo el procedimiento.

Método B

La muestra se selecciona como en el caso del método A, pero ahora deberá pesar 7 kg.

El procedimiento de prueba será el mismo que se describió para el método A, excepto que se utilizará un molde de 15.24 cm (6") con extensión y que el suelo se colocará en 3 capas iguales, hasta un espesor total compactado de la muestra de 13 cm, se darán a cada capa 56 golpes uniformemente distribuidos en su superficie. con 30.48 cm (12") de altura de caída.

Método C

Críbese una cantidad adecuada de suelo bien disgregado por la malla de 2" y de 3/4", deséchese el retenido de la malla de 2" y se retuvo en la malla de 3/4" y reemplácese con un peso igual de material que pase la malla de 3/4". Se deberá de disponer de una muestra de suelo de 5 kg.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

a) Mézclase el suelo con la suficiente cantidad de agua - como para darle una humedad de 4 a 6 puntos abajo de la óptima.

b) Fórmase un espécimen compactando el suelo en el molde de 10.16 cm. (4") en 3 capas iguales, hasta obtener un espesor compacto de 13 cm., sígase el procedimiento de compactación - que se detalló para el método A, hasta determinar el peso volumétrico húmedo y el contenido de agua de la muestra.

Método D

La muestra deberá prepararse como en los demás casos, pero con un peso final de 12 kg., el procedimiento de prueba es el mismo que se detalló para el método C, pero se utiliza el molde de 15.24 cm. (6"), con 3 capas y 56 golpes por capa. Como complemento de la prueba deberán realizarse los cálculos - correspondientes para determinar los contenidos de agua y los pesos volumétricos secos que se requieren.

I) PRUEBA AASHO MODIFICADA.

La prueba es similar a la Proctor (AASHO) estándar en todos sus aspectos descriptivos. Se presentan 4 modalidades - (A, B, C y D), cuya descripción es idéntica a las correspondientes de la AASHO estándar. La mayor energía de la prueba modificada se logra a base del peso del martillo (4.530 kg.), y altura de caída de 45.72 cm.

En el método A se coloca el suelo en 5 capas y se dan -

25 golpes por capa. En el B' se coloca el suelo también en 5 - capas y se dan 56 golpes por capa. En el C', el número de capas es de 5 y el de golpes por capa es de 25, en el D" se usan 5 capas con 56 golpes por capa.

J) PRUEBA DE PLACA.

La prueba se utiliza para medir el valor portante de los suelos a cualquier profundidad, tanto del terreno natural, como de la terracería o de cualquier capa de un pavimento flexible.

Para el estudio en carreteras se tiene:

- Placa de 30.5 cm (12")
- Deformación
- Diez repeticiones de la carga.

Intervienen tres tipos de sistemas:

- i). Sistema de reacción
- ii) Sistema de carga
- iii) Sistema de medición de deformaciones.

i) Sistema de reacción.- Es el proporcionado por un camión de 12 ton., deberá contarse con una estructura rígida contra la que se puedan ejercer tales empujes, la defensa o la armadura del vehículo suelen ser apropiadas para ello.

ii) Sistema de medición de deformaciones.- Está constituido por un gato hidráulico, con manómetro y sus demás aditamen-

tos y por un juego de placas circulares, con 2.5 cm de espesor mínimo, y diámetro de 30.5 cm (12") y 15.24 cm (6").

iii) Sistema de medición de deformaciones.- Está constituido por dos o más micrómetros, preferentemente deben ser 4 colocados en cruz.

La prueba se realiza de la siguiente forma :

a) se centra cuidadosamente la placa y un grupo de placas concéntricas bajo el gato hidráulico, colocándola sobre una capa de arena fina o yeso, para proporcionarle un asiento uniforme.

b) Se ajustan los sistemas de carga y control.

c) Se aplica a continuación una carga que provoque una deformación aproximada de 1 mm y se sostiene hasta que la velocidad de deformación sea de 0.025 mm por minuto durante 3 minutos, la misma carga se aplica y se retira de la misma manera seis veces registrando las lecturas de los micrómetros.

d) Se incrementa la carga hasta producir una deformación aproximada de 5.08 mm, aplicándola y retirándola seis veces, se sigue el procedimiento descrito en el inciso c)

e) Finalmente, la carga se incrementa hasta dar una deformación aproximada de 10.1 mm y se sigue el procedimiento anterior.

g) En todos los casos, el punto final de cada etapa se obtendrá al alcanzar una velocidad de deformación o recuperación de 0.025 mm/min o inferior, durante tres minutos consecutivos.

h) La deformación para una carga dada se determina por promedio aritmético de las lecturas de todos los extensómetros.

6) DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS.

Para fines de diseño se presenta como ejemplo la construcción de un libramiento, suponiéndose los siguientes datos:

A) Características de la zona en donde se construirá el libramiento.

a) Topografía.- El trazo del libramiento cruza por terrenos planos; aproximadamente 450 metros se localizan en zonas inundables, debido a que cruza un arroyo.

b) Geología.- El trazo cruza por una capa de características plásticas, y en general la geología del lugar nos indica que esta capa se apoya en su mayor parte en rocas ígneas extrusivas.

c) Climatología.- Para esta zona el sistema de clasificación de climas Kopén - Geiger indica que en la región impera el subtropical de altura tipo mexicano, templado regular, teniendo una precipitación anual de 500 - 1650 mm.

B) Estudio geotécnico para el proyecto de pavimentación.

a) Debido a las características plásticas que presenta el suelo de apoyo, se acudió a los bancos de materiales, que de acuerdo a sus características de localización y tratamiento requerido pudiesen servir para la construcción de las diferentes capas del pavimento o de las terracerías.

Los bancos seleccionados, características y ensayos de laboratorio efectuados se presentan en los anexos 6-1 y 6-2 .

b)) Al suelo del terreno natural y material de banco se le calculó el valor relativo de soporte VRS, para determinar los espesores de diseño que cumpliesen con las necesidades requeridas en cada caso; los resultados obtenidos se presentan a continuación:

	VRS $\%$
Terreno natural	8.3
Cuerpo de terraplen	85
Capa subrasante	89.7

c)) Datos para el diseño.

a) Características geométricas.

El libramiento tendrá una sección terminada de 12.00 m de ancho, con acotamientos de 2.40 m a cada lado y una carpeta de rodamiento de 7.20 m de ancho, en la figura 6-3 se presenta.

b)) Tránsito.

	COMPOSICION $\%$							
	A	B	G ₂	G ₃	T ₂ -S ₁	T ₂ -S ₂	T ₃ -S ₂	t
1980 FBPA 6873	57	9	5	8	6	5	10	10 $\%$

En donde:

T.D.F.A.- Volumen de tránsito diario promedio anual en ambas direcciones.

A.- Automóviles

B.- Autobuses

C_2 .- Camiones de 2 ejes.

C_3 .- Camiones de 3 ejes

T_2-S_1 .- Camiones de dos ejes en el tractor y un eje en el remolque.

T_2-S_2 .- Camiones de dos ejes en el tractor y dos ejes en el remolque.

T_3-S_2 .- Camiones de tres ejes en el tractor y dos ejes en el remolque.

t %.- Tasa de crecimiento anual.

Con los datos de tránsito mostrados anteriormente se procede a calcular el coeficiente de acumulación de tránsito de acuerdo con la fórmula no. (1) presentada en el capítulo 2, donde se considerará n = 15 años por ser la información de 1980.

$$C_T = 365 \frac{(1 + 0.1)^{15} - 1}{0.1} = 11,596.96$$

A continuación se procede a llenar la tabla 6-4 de acuerdo a lo visto en el capítulo 2 inciso B-b, posteriormente se obtiene el tránsito acumulado en función de ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton., a 60 cm.

$$C_T T = 11,596.96 \times 6,378.13 = 73,966,918.49$$

De donde viendo en la gráfica no. 6-5 de diseño estructural de carreteras con pavimento flexible, para un nivel de confianza de 0.7 (de acuerdo a las características del camino), - con 7.4×10^7 ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton. y los diferentes valores relativos presentados se tienen los siguientes espesores:

	VBS %	espesor cm.
Terreno natural	8.3	57
Cuerpo del terraplen	85	23
Capa subrasante	89.7	21

c) Los espesores de diseño propuestos se muestran en la figura 6-6, los cuales se obtuvieron tomando en cuenta los datos anteriores y la calidad del material empleado.

Se despalmó el terreno natural 30 cm., alojando en ese sitio el cuerpo del terraplén, variando su espesor dependiendo de la zona en donde se ha construido, y compactando al 90% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM), de la prueba AASHO estándar.

La capa subrasante se consideró en 30 cm por especificaciones y compactando el material al 95 % de su PVSM de la prueba AASHO estándar.

La base se consideró en 20 cm, el cual es el espesor mínimo para este tipo de camino, la compactación se realizó al 100% de su PVSM de la prueba AASHO estándar.

Finalmente la carpeta asfáltica se consideró en 16 cm como espesor de diseño, debido a que el tránsito que circula así lo requiere.

A N E X O 6-1

BANCO	MATERIAL	TRATAMIENTO	UTILIZACION
NO. 3	Roca piroclástica. (tezontle); color gris	Disgregado con - eliminación de <u>a</u> gregado mayor de 76.1 mm. (3")	Cuerpo del terra- plén y capa subra- sante.
NO. 1	Roca ígnea extrusiva (riolita)	Trituración total y cribado a tama- ño máximo de — 38.1 mm (1 1/2)	BASE

FIGURA NO. 6-2

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

BANCO NO. 1

ABERTURA EN MMLIMETROS

MATERIAL PARA BASE

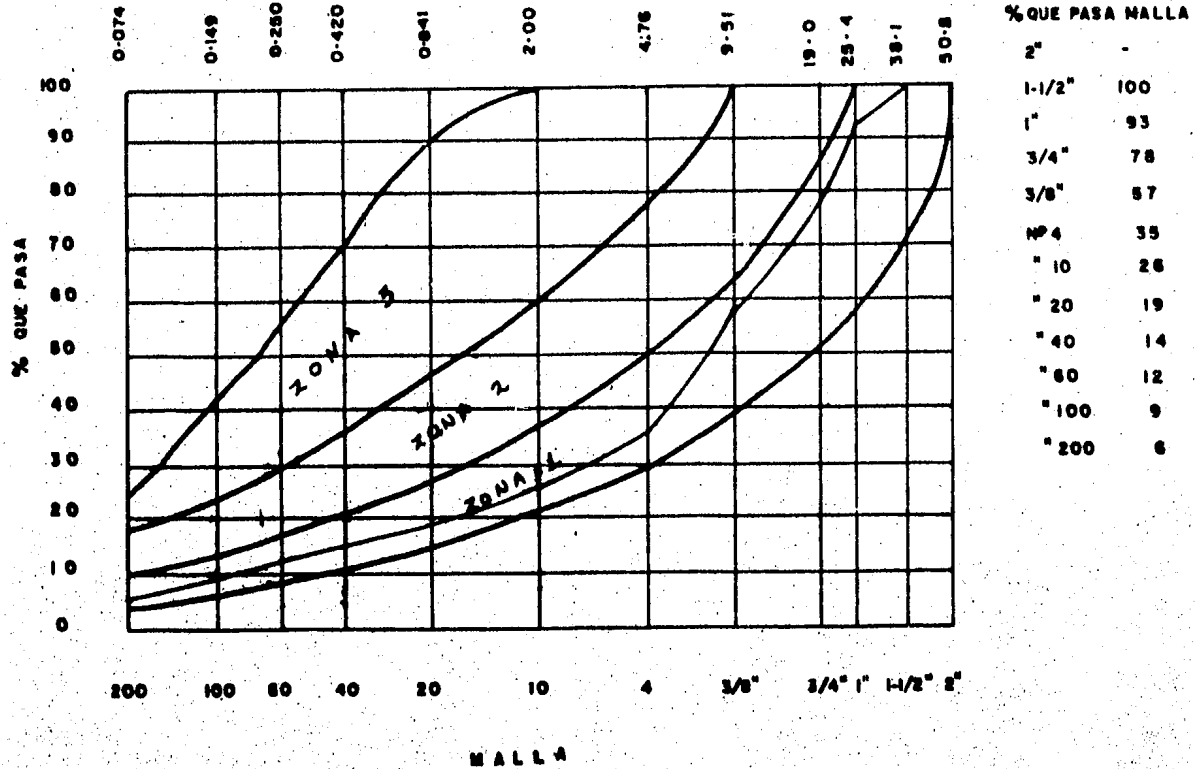


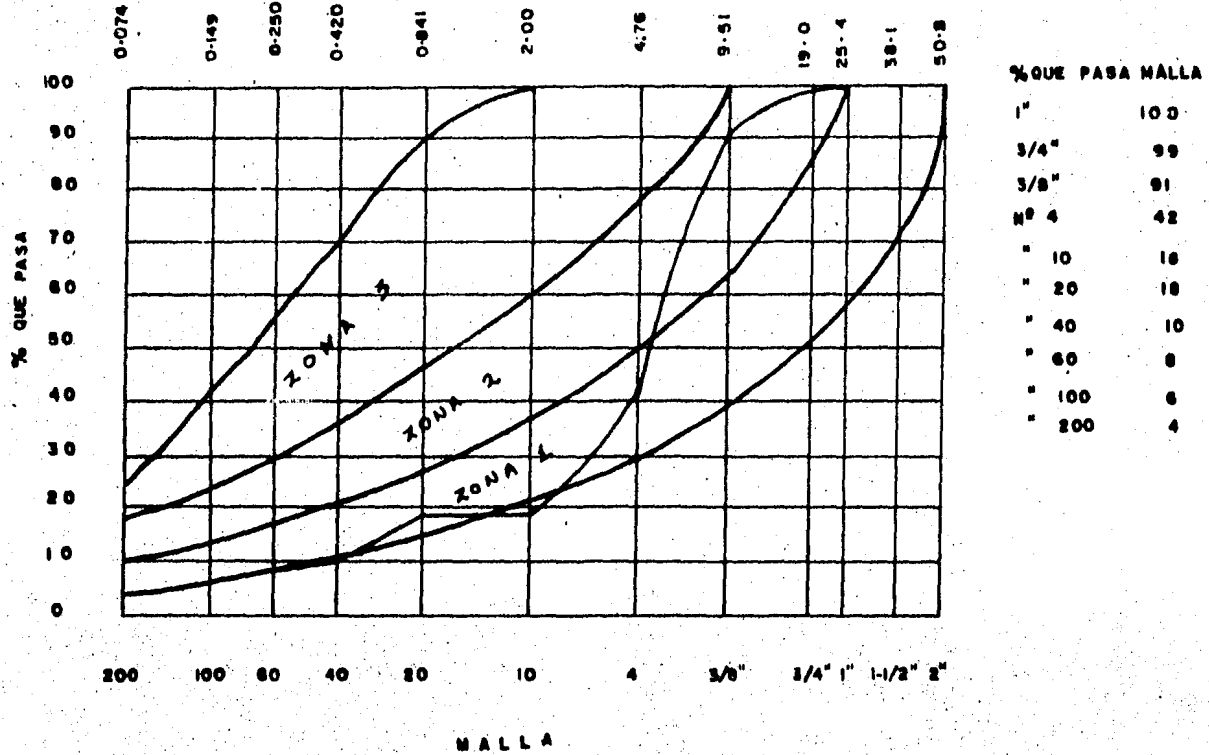
FIGURA NO. 6-2

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

BANCO NO. 3

ABERTURA EN MILIMETROS

MATERIAL PARA TERRAPLEN
Y SUBRASANTE



% QUE PASA MALLA

1"	100
3/4"	99
3/8"	91
Nº 4	42
" 10	18
" 20	18
" 40	10
" 60	8
" 100	6
" 200	4

FIGURA NO. 6-3

SECCION TIPO

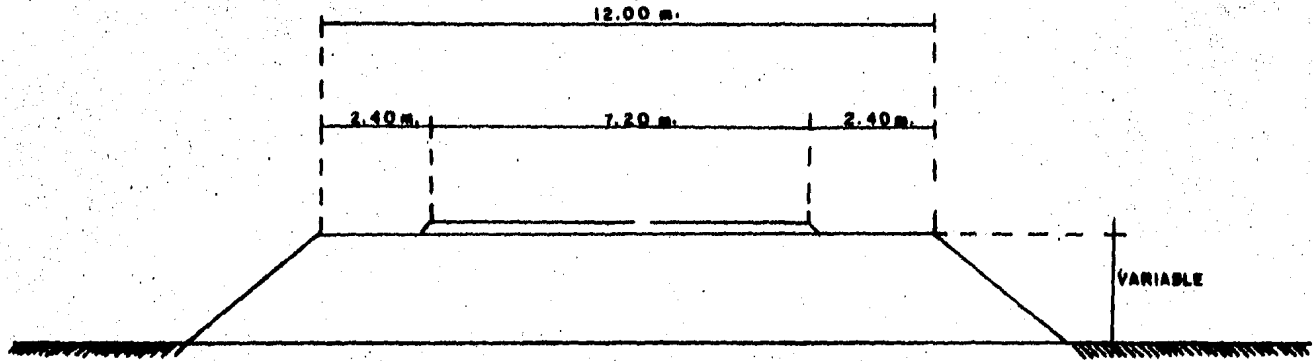


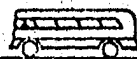



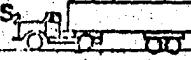
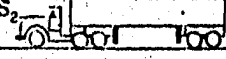
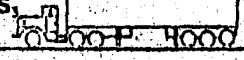
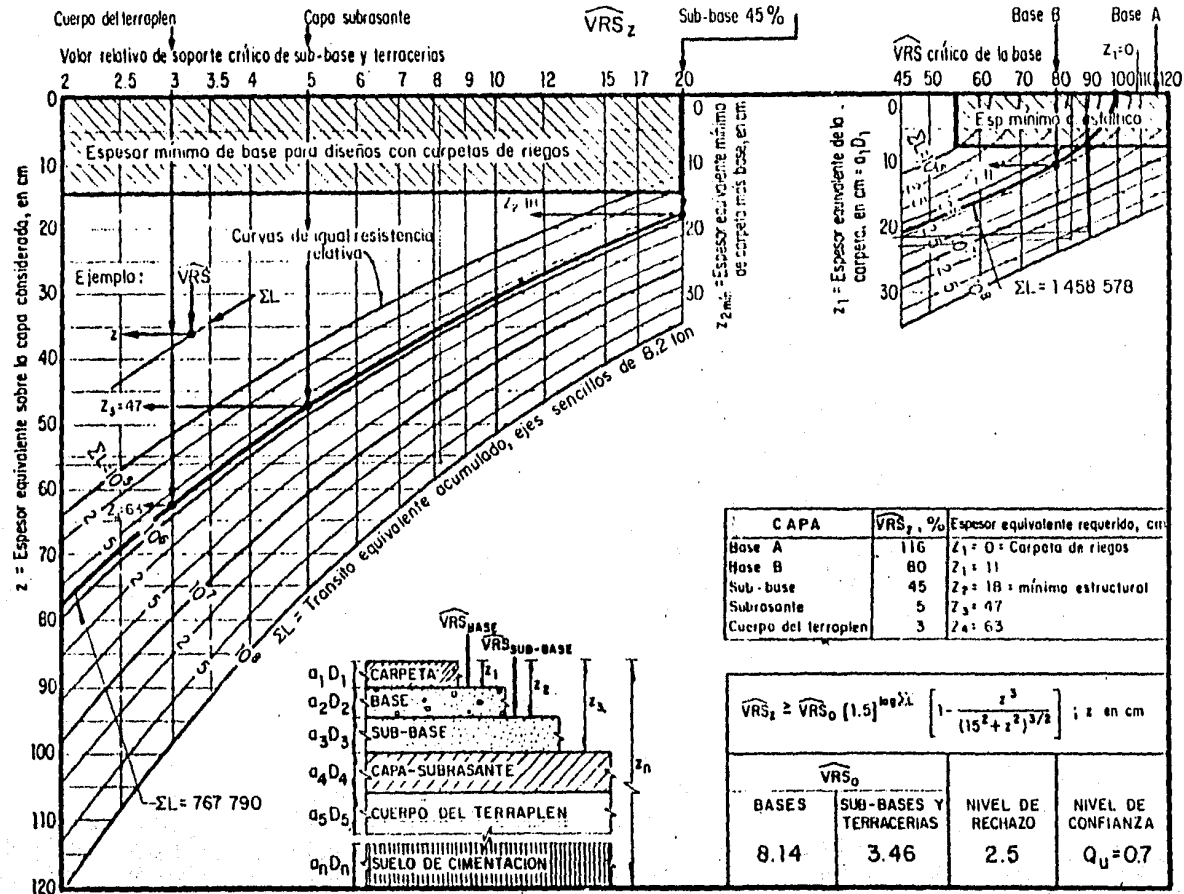


TABLA PARA CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS.

CARRETERA		TRAMO:									
TDPA () <u>6473</u>		COMPOSICION: A ₂ <u>57%</u> A ₁ <u>---</u> H ₂ <u>9%</u> C ₂ <u>9%</u> C ₃ <u>9%</u> T ₂ -S ₁ <u>8%</u> T ₂ -S ₂ <u>8%</u> T ₃ -S ₂ <u>10%</u> T ₃ -S ₃ <u>---</u>									
TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	Nº DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROJ.	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS				
			Z: 0 cms	Z: 15 cms	Z: 30 cms	Z: 60 cms	Z: 0 cms	Z: 15 cms	Z: 30 cms	Z: 60 cms	
A ₂ 	3918	1959	0.004	0.000	0.000	0.000	7.84	0	0	0	
A ₁ 	---	---	0.536	0.064	0.023	0.015	---	---	---	---	
D ₂ 	618	309	2.000	1.890	2.457	2.939	618	504.01	709.21	902.18	
C ₂ 	344	172	2.000	1.890	2.457	2.939	344	328.08	422.60	509.81	
C ₃ 	550	275	3.000	2.817	2.457	2.940	528	774.68	975.66	608.8	
T ₂ -S ₁ 	412	206	3.000	3.431	4.747	5.759	618	706.79	977.88	1186.38	
T ₂ -S ₂ 	344	172	4.000	4.358	4.747	5.760	688	749.58	916.48	990.72	
T ₃ -S ₂ 	687	343.5	5.000	5.285	4.747	5.761	1717.5	1818.40	1830.99	1978.9	
T ₃ -S ₃ 	---	---	6.000	5.239	4.746	5.758	---	---	---	---	
TOTAL		3436.5	T ₁ , T ₂ , T ₃ : Transito equivalente inicial:				486.34	4955.84	5282.44	6376.18	

Nº de carriles en ambas direcciones	Coeficiente C _g de distribución para el carril de proy.
2	50
4	40—50
6 o mas	30—40

Años de servicio, n: 15 Tasa de crecimiento anual, t: 10 %
 Coeficiente de acumulación del transito, C: 11,996.96
 Transito acumulado: ΣL_n : C₁, 52,978,029.81 $\geq L_n$: C₂, 21,688,199.18
 ΣL_n : C₃, 61,666,248.99 $\geq L_n$: C₄, 73,354,448.02

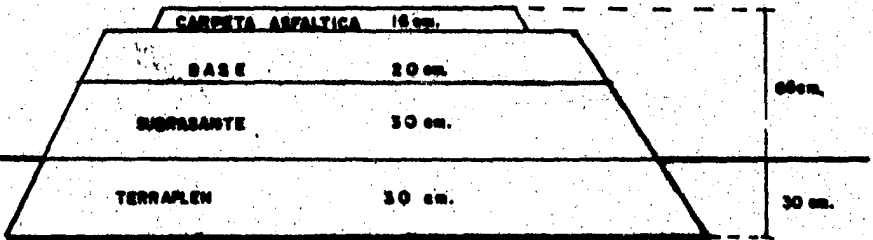


Ejemplo: Gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

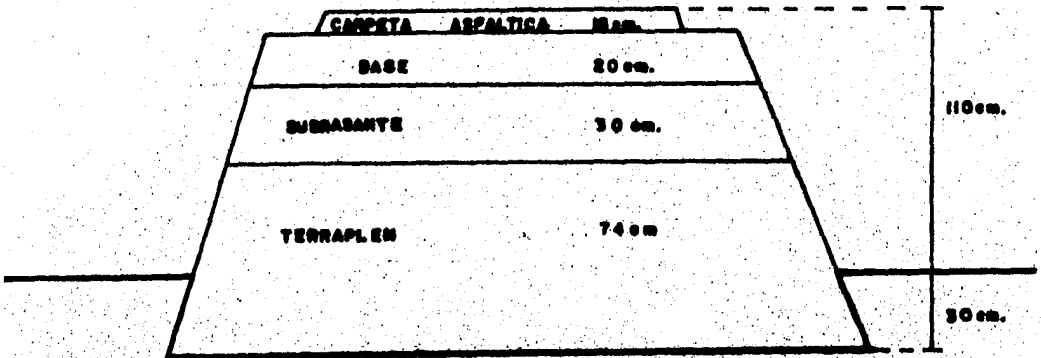
FIGURA NO. 6-6

SECCION ESTRUCTURAL

PARA ZONAS NO INUNDABLES



PARA ZONAS INUNDABLES



7.- CONCLUSIONES

De lo desarrollado en el trabajo se puede concluir que es importante que el ingeniero tenga una idea clara de los factores que influyen en el diseño de un pavimento flexible; a continuación presentamos los aspectos que se pueden considerar en este tema.

Un pavimento flexible está formado por una capa o conjunto de capas comprendida (s) entre la subrasante y la carreta asfáltica, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de vehículos, en intemperismo producido por los agentes naturales y cualquier otro agente perjudicial. La función estructural de un pavimento es la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a las capas interiores, de manera que éstas no se deformen, y como consecuencia evitando hasta donde sea posible la transmisión de esfuerzos al terreno natural, si éste es de mala calidad.

Las capas que generalmente forman un pavimento en orden descendente son: sub-base, base y carreta asfáltica; a su vez éstas se apoyan en la capa subrasante y terraplén o terreno natural. La función de cada capa, requisitos de materiales y compactación deseable se presentan a continuación:

Terracería.- Se emplea dependiendo del trazo geométrico de la carretera; para su construcción se pueden emplear desde rocas cuyo tamaño máximo no exceda de 2 m., hasta suelos finos, evitando los suelos orgánicos y las arcillas. En el caso de -

rocas se acomodarán en su posición más estable y cuando se tengan gravas y suelos finos se compactarán al 90% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) de la prueba AASHO estándar.

Subrasante.- Cana divisoria entre el pavimento y las terracerías, generalmente es la terracería mejorada por compactación. En su construcción se pueden emplear desde gravas hasta suelos finos evitando los suelos orgánicos y arcillas. La compactación será al 95% de su PVSM de la prueba AASHO estándar.

Sub-base.- Sirve de transición entre el material de base y la subrasante, reduce el espesor de base, actúa como dren de la base e impide la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería y absorbe las deformaciones de la subrasante. En su construcción se emplean materiales seleccionados bien graduados cuyo tamaño máximo no exceda de 2" (50mm). La compactación deberá realizarse al 95% mínimo de su PVSM de la prueba AASHO estándar.

Base.- Proporciona el elemento resistente que transmita a las capas inferiores los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada, drena el agua que se introduce a través de la carpeta y acotamientos y disminuye el espesor de carpeta. En su construcción se empleará materiales seleccionados bien graduados, cuyo tamaño máximo varíe de 1 1/2" - 2" - (38 - 50 mm). La compactación deberá realizarse al 100% de su PVSM de la prueba AASHO estándar.

Carneta asfáltica.- Proporciona la superficie de rodamiento y textura adecuadas para resistir los efectos abrasivos del tráfico e impide el paso del agua al interior del pavimento. - En su construcción se emplean materiales pétreos seleccionados y aglutinados con un material asfáltico, cuya granulometría se considere de un tamaño máximo de 1" (25.4 mm).

El diseño de los pavimentos flexibles se realiza generalmente en base al método del Instituto de Ingeniería de la U.A., ya que éste se ha adaptado a las condiciones y necesidades del país.

El método es muy sencillo, se basa principalmente en obtener el tránsito acumulado en función de ejes equivalentes de 8.2 Ton., para n años, con éste dato y el valor relativo de soporte VRS del terreno natural y material empleado en la construcción del pavimento, se obtienen los espesores de pavimento requerido, los cuales se leen en las gráficas que presenta el Instituto de Ingeniería. En base a lo anterior se destacan los siguientes factores:

Las características estructurales de un pavimento como es el caso del espesor, resistencia y deformabilidad están dados por los siguientes factores: tránsito, clima, condiciones regionales y calidad de los materiales empleados en la construcción de un pavimento. Pero esto no quiere decir que sean los únicos factores que deben tomarse en cuenta, ya que existen otros como es el caso de la conservación, la cual abarca a los conceptos antes mencionados, la ausencia de ésta provocaría la

falla funcional del pavimento.

La importancia del tránsito se debe a la transmisión de es fuerzos cortantes y normales a una cierta profundidad, producto de la circulación de vehículos sobre el pavimento; de aquí la necesidad de conocer sus características entre las que destacan: tránsito medio diario anual TDPA, tasa de crecimiento medio diario anual $t^{\%}$, peso de los vehículos, cargas por eje sencillo o múltiple, velocidad, distribución del tránsito y vida de proyec to del pavimento antes que requiera una reconstrucción.

Es importante enfatizar la presencia del clima y condiciones regionales del lugar, ya que éstos influyen en la vida útil del pavimento; entre las características que se deben tener en cuenta están: temperatura, régimen de precipitación, nivel freático, geología y topografía de la región, siendo de vital import tancia las obras de drenaje, ya que de las características mencionadas anteriormente, la que más perjudica es la precipita--- ción pluvial.

Las obras de drenaje superficial se emplean para alejar rá pidamente del pavimento el agua de lluvia; en el caso de aguas subterráneas, que son las que más problemas ocasionan a los pavimentos y las que demandan mayor importancia en cuanto a estudios geotécnicos se refiere para la localización de zonas que re quieran obras especiales de drenaje.

En cuanto a la calidad, características y distribución de materiales ya se han mencionado en capas que constituyen un pa-

vimento. Por último, el empleo de los materiales se debe hacer con un previo estudio de suelos, el cual nos indique si reúne o no las características especificadas en cada caso.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Rico y Del Castillo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo 1.
- 2) Rico y Del Castillo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo 2.
- 3) Juárez Badillo y Rico, Mecánica de Suelos, Tomo II.
- 4) Tesis Profesional "Estudio de la Cimentación y la Pavimentación de una Unidad Habitacional en Veracruz, Ver.". Margarita Puebla Cadena.
- 5) Normas de Construcción. Normas de Materiales parte VIII, SCT.
- 6) Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SAHOP.
- 7) Manual de Pavimentos, Jesús Moncayo V. C.E.C.S.A.
- 8) Corro y Prado, Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras, informe no. 444 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, 1981.

" DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES "

	Pags.
1.- Introducción.	1
2.- Factores que influyen en el diseño de un pavimento.	4
3.- Características geométricas de un pavimento.	17
4.- Materiales que forman las diferentes capas.	26
5.- Pruebas para determinar las propiedades de los materiales.	37
6.- Diseño estructural de pavimentos.	58
7.- Conclusiones.	69