

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

ESCUELA DE INGENIERIA

**'Estudios Para la Construcción
y Conservación de Pavimentos Flexibles'**

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

T E S I S

Que para obtener el Título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Carlos Felipe Arellano Zárate.

TS

Clas. 625.85

A680e

INDICE

- I.- Introducción.
- II.- Generalidades y Estudios de Tránsito.
- III.- Estudios de Materiales Pétreos y de -
Materiales Asfálticos.
- IV.- Tipos Básicos de Pavimentos. Diferen-
tes Métodos de Diseño de Pavimentos -
Flexibles.
- V.- Drenaje.
- VI.- Conservación.
- VII.- Conclusiones.

CAPITULO I

INTRODUCCION.-

El enfoque científico para la solución de un problema de Ingeniería consiste en definir el objetivo funcional y la extensión y a continuación encontrar soluciones para el problema. Para ilustrar el objetivo de construir un pavimento, considérese la diferencia entre un camino vecinal con una superficie de rodamiento de revestimiento y una autopista con pavimento de alta calidad. Al conductor de un vehículo no le importa de que material está construido el pavimento, pero si recibe el rodamiento del vehículo y la velocidad a la que puede circular en forma segura. En el camino vecinal el transitar lentamente y siendo el rodamiento más irregular, mientras que en la autopista, transita más rápidamente, con más seguridad pocas vibraciones del vehículo. Si el conductor tiene prisa por llegar a su destino, la rugosidad del pavimento es un factor muy importante en la seguridad del viaje. Por lo anterior se puede establecer que el diseño de un pavimento no es gobernado por el peso del vehículo, sino que el objeto del pavimento es proporcionar una superficie funcional para la operación segura de los vehículos. Esta analogía representa una diferencia significativa de los análisis de diseño actuales que enfatizan el peso de los vehículos como consideración primaria de diseño.

OBJETIVOS DE LA CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO.

El objetivo primario de la construcción de un pavimento es como se dijo anteriormente, proporcionar una superficie para permitir la operación de un tipo especificado de vehículos, para lo cual, pueden especificarse, tres requisitos importantes funcionales:

- a) El vehículo debe operarse dentro de un rango de velocidad definida.
- b) La rugosidad de la superficie del pavimento no debe generar una vibración en el vehículo, arriba de cierto nivel

de tolerancia.

c) Debe asegurarse una operación segura de los vehículos. Además de estos requisitos funcionales, el total y la vida de servicio son también factores gobernantes. Un diseño óptimo es el que balancea el costo total incluyendo la inversión de capital y la conservación, contra el comportamiento del pavimento.

Por lo anterior, se puede dar una definición formal de pavimento.

Pavimento: Estructura consiste en una o más capas de material tratado, mediante la cual puede realizarse un tránsito de vehículos rápido, seguro y cómodo, ofreciendo una superficie de rodamiento capaz de soportar las cargas de los agentes del intemperismo y cualquier otro agente perjudicial.

Entre las características estructurales que debe tener un pavimento, se encuentran las siguientes:

- a) Debe tener una resistencia y un espesor total suficiente tanto para soportar las cargas de los vehículos como para transmitir adecuadamente los esfuerzos a las terracerías, de modo que esta no se deforme de manera perjudicial.
- b) Debe prevenir la penetración o la acumulación de agua en el interior.
- c) Debe tener una capa superior que sea adecuada para el rodamiento y ser resistente tanto a las cargas de los vehículos como a los agentes del intemperismo.

Lo descrito anteriormente difiere de las definiciones convencionales, en las que se dice la función apriri de un pavimento, es destruir las cargas de los vehículos de manera que las que lleguen a la sub-rasante no excedan la capacidad de soporte de la misma; esto ha sido la causa de muchas confuciones por motivos que se explican a continuación.

La expresión anterior es cierta pero ha dado lugar a que-

se considere a la sub-rasante como capa crítica y en algunos métodos de diseño de espesores actuales, se separa la estructura de un camino en dos, pavimentos y terracerías los que se diseñan por separado, tomando la capa -- sub-rasante como liga, asignándole un valor arbitrario, -- lo cual puede conducir a tres diferentes situaciones, -- que el pavimento quede bien diseñado, sub-diseñado. La estructura de un camino, trabaja como una cadena la cual se rompe por el eslabón más debil, de lo que surge la -- pregunta:¿debido a que fallará el pavimento?, la respuesta es que puede ser cualquiera a la que podríamos llamar capa crítica, o sea en la cual la relación entre la resistencia de la capa y el nivel de esfuerzos a que está sometida, por efectos del tránsito sean más desfavorables. Por lo anterior se hace énfasis en que el diseño debe -- ser integral, o sea que en lugar de decir diseño de pavimentos, debe ser diseño integral de la estructura vial.

Generalidades.

El pavimento de asfalto o pavimento flexible, es una estructura formada por varias capas (Sub-base, base y carpeta asfáltica) con el fin de satisfacer los siguientes propósitos:

1.-Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.

El pavimento asfáltico debe ser de tal manera que las cargas que sobre él se apliquen, no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la sub-rasante sobre la la cual está colocado, y a la vez se impida la formación de grietas internas en la estructura del mismo y el desplazamiento de partículas ocasionadas por acción de amasadura del tránsito.

Por lo tanto, un pavimento asfáltico debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.

2.-Tener la impermeabilidad necesaria.

El pavimento debe tener la suficiente impermeabilidad para impedir la infiltración del agua de lluvia, ya que si ésta penetra en exceso, provoca la lubricación de las partículas con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte.

De ésto se deduce que siempre será buena práctica ingenieril el que se cuente con suficiente drenaje al proyectarse un pavimento, ya que aunado a ello a la impermeabilidad necesaria del pavimento en sí, redundará en una obra estable.

3.-Resistir la acción destructora de los vehículos.

La acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de partículas del pavimento. También el tránsito provoca cierta acción de molienda y amasado. De ahí que el pavimento debe resistir estos efectos.

4.-Tener resistencia a los agentes atmosféricos.

Los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocando la meteorización y alteración de los materiales que lo forman. Es de tenerse en cuenta que hay materiales que resisten mejor que otros estos efectos y por lo tanto la vida económica y útil del pavimento será mayor cuando los materiales que lo forman tengan más capacidad de resistencia a los agentes físicos y químicos.

5.-Tener una superficie de rodamiento que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.

La superficie de rodamiento de un pavimento debe ser segura para la conducción de los vehículos y lo suficientemente lisa para proporcionar una marcha confortable y una vida de los vehículos, sin embargo, esa superficie lisa y uniforme debe ser siempre antideslizante cuando se encuentre húmeda.

6.-Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o sub-base.

En no pocas ocasiones, por una u otra circunstancia, generalmente controlables, se presentan pequeños asentamientos ya sea de la base o de la sub-base, los cuales no son en extremo perjudiciales, de ahí que convenga cierta flexibilidad que la haga capaz de adaptarse a esas pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

Datos preliminares.-Independientemente del método de proyecto empleado, es deseable reunir datos preliminares mediante un estudio de los suelos y de los materiales, un análisis del tráfico y estudios del laboratorio.

Estudio del suelo.-Antes de empezar la construcción de cualquier obra importante es necesario hacer perforaciones de una profundidad de 30 cm., por lo menos, bajo la rasante propuesta, para determinar las caracte-

rísticas del suelo subyacente. El estudio de ensayos sobre el terreno deben ser los necesarios para el método de proyecto a emplear. Se toman notas sobre el terreno de los diversos horizontes geológicos existentes.

Estas notas indican también la extensión de cada tipo de suelo que se observe por inspección visual. Se toman --- muestras suficientes a fin de obtener el material que se precise para todas las pruebas de laboratorio.

Prospección de materiales.--Desde el punto de vista económico es importante que los técnicos de suelos adquieran un completo conocimiento de la zona situada al rededor de la obra a una distancia económica de transporte. Esto es de interés general para la obtención de materiales para sub-base e inferiores. En muchas regiones esta inspección permite localizar materiales que puedan servir como áridos para capa de base y pavimentos. La exploración -- consiste en seguir los arroyos, terrazas y otras formaciones geológicas conocidas, en las que pueden encontrar se materiales no plásticos o ligeramente plásticos, o de naturaleza granular.

Muchos organismos dedicados a la construcción de carreteras tienen personal dedicado la mayor parte de su tiempo a llevar a cabo las exploraciones. En el caso que falte información que conduzca a la localización de materiales granulares, muchos contratistas recurren a ingenieros especialistas sobre materiales para que reunan esta información.

Ensayos de laboratorio.--Los suelos aportados al laboratorio por los estudios de suelos y de materiales se someten a los ensayos que requiera el método de proyecto utilizado. Además, casi todas las organizaciones realizan los análisis granulométricos en los tamices 10, 40 y 200 y determinan los límites líquidos y plásticos, de los -- que se obtienen en índice de plasticidad.

Análisis del tráfico.--El análisis del tráfico se ha convertido actualmente en una ciencia por si mismo.

Los contadores de tráfico y otros sistemas han permitido a los organismos de la administración, a los ingenieros-consultantes y a otros que trabajen en la fase de proyecto de las carreteras, llevar el análisis de tráfico a un alto de perfección. En cualquier proyecto inteligente es esencial un análisis de tráfico completo.

El análisis de tráfico debe proporcionar información que permita al proyectista determinar el número de vehículos que pasa sobre el camino por día, así como el paso de -- los respectivos vehículos.

ESTUDIOS DE TRANSITO Y METODOS PARA SU ESTIMACION

Es de importancia fundamental para lograr un buen proyecto de camino, conocer el volúmen de vehículo (1) para el cual va a ser diseñado.

Dicho tránsito (2) no solo será el actual el que se calcule en el incremento que sufra durante el tiempo de vida útil que se considera el proyecto, variaciones de volúmen de tránsito, que necesariamente deberán tomarse en cuenta para un buen funcionamiento inmediato y mediato.

El aumento de tránsito se considera de la siguiente manera:

a) Crecimiento normal del tránsito.

Es el observado en la región considerada a causa del mayor uso que el vehículo va teniendo a medida que -- transcurre el tiempo, sin que en este aumento intervenga algún factor, extremo o normal que provoque un incremento cuya magnitud difiere notablemente de la de los aumentos tenidos con anterioridad. Es decir cuyas ordenadas sean el número de vehículos o el número de vehículo km., y las absisas los años considerados en la estadística, definan en forma aproximada una línea recta.(ver gráfica No. 1).

b) Tránsito Generado.

Es el debido a los viajes que pudiendo realizarse por

otros caminos se harán por la nueva carretera debido a la mayor seguridad, comodidad y atractivos que ésta -- ofrecerá.

- 1) Siempre que se haga mención del vehículo, debe entenderse que se refiere al de motor de combustión interna a menos que se especifique otra cosa.
- 2) Tránsito es el movimiento de vehículos a lo largo de un camino.

Es decir, el tránsito generado es atribuible únicamente a las características del camino y no al cambio en el uso de los terrenos adyacentes.

Este aumento se observa generalmente en los primeros años después de que el nuevo servicio queda establecido.

c) Tránsito desarrollado:

Es el originado por las mejoras en los terrenos --- adyacentes, sin considerar el aumento normal que se habría tenido, aún cuando el nuevo camino no hubiese sido construido, pues este último deberá incluirse en el aumento normal, que se habría tenido, aún cuando el nuevo camino no hubiese sido construido, -- pues éste último deberá incluirse en el aumento normal del tránsito.

El tránsito desarrollado a diferencia del generado, sigue aumentando muchos años después de haberse --- puesto en servicio el nuevo camino.

Antes de proceder a la descripción de algunos métodos usados para conocer el volumen de vehículos para diseño, es necesario definir los siguientes términos:

Tránsito diario promedio anual (TDPA):--Es el promedio aritmético diario del número de vehículos que -- pasan por un lugar determinado durante un año.

Tránsito diario máximo anual (TDMA):--Es el número -- máximo de vehículos que pasaron un día de cierto -- año por un lugar determinado. Suele expresarse en --

por ciento del (TDPA) correspondiente al año de que se trata.

Tránsito horario (TH):-Es el número de vehículos que pasan por un lugar determinado, en una hora. También se acostumbra expresarlo en por ciento del (TDPA).

Tránsito horario máximo diario (THMD):-Es el número máximo de vehículos que pasan por un lugar de referencia del camino, en una hora de un día determinado.

METODO DE ESTIMACION DEL TRANSITO

La estimación del tránsito actual suele hacerse de las siguientes maneras:

1.-Por "aforos o conteos" realizados en caminos existentes y que pueda considerarse que van a influir en el tránsito del camino a construir.

Esta medición puede hacerse con:

a).-Contadores mecánicos que poseen un aditamento que se coloca transversalmente a la vía, el que al ser pisado por los vehículos transmite al contador un impulso que es registrado de inmediato.

b).-Otros aparatos funcionan por medio de una celda fotoeléctrica. Un rayo de luz es cortado por los vehículos al pasar con lo que el contador registra su peso.

c).-Otros medidores usados con los electromagnéticos, los que haciendo pasar una corriente de alta frecuencia en un circuito, registran el paso de los vehículos al hacer variar éstos la intensidad de la corriente.

Aunque los resultados obtenidos por estos medios no son rigurosamente exactos, la aproximación que se obtiene es suficiente.

2).-Por estudios de origen y destino.

Este estudio tiene por objeto el determinar el origen del tránsito y del destino del mismo, es decir, determinar la orientación del viaje de los vehículos.

los que se mueven dentro de determinadas regiones para poder de este modo seleccionar las características de la vía en función de la corriente vehicular.

Para obtener los datos, en un estudio de origen y destino, de un tránsito que circula en determinada región, es preciso hacer ciertas preguntas a los conductores y analizar las respuestas que ellos dan.

Son varios los métodos que se pueden emplear para llevar a cabo un estudio de origen y destino. Así tiene el método de observar las placas de los vehículos en circulación, el método de tarjetas postales, el de señales en los vehículos el de entrevistas domiciliarias y el de entrevistas en la vía. Siendo éste último un método directo para obtener en forma rápida y eficiente el dato de origen y destino de un vehículo será el método que se explicará.

El método consiste en detener automóviles y camiones en un lugar donde un personal seleccionado y adiestrado puede trabajar con seguridad. Agentes de tránsito o policías uniformados son colocados en ciertos puntos del lugar donde también se instalan señales para advertir a los usuarios acerca de las maniobras que deben hacerse para colocarse en el carril en el cual se harán las preguntas.

Una vez que se haya realizado el interrogatorio los datos obtenidos se ponen en forma de perforaciones en tarjetas para máquinas electrónicas.

El volumen total contado se toma en forma horaria para determinar el porcentaje de entrevistas sobre el total de vehículos para cada período estudiado, lo que permite conocer los coeficientes de expansión que luego se aplican a los ejemplos que se determinen. Estos coeficientes de expansión se calculan teniendo en cuenta el número de vehículos que pasan por el lugar (dato que puede ser obtenido mediante un contador de cualquier tipo) y el número

ro de vehículos cuyos conductores fueron entrevistados.

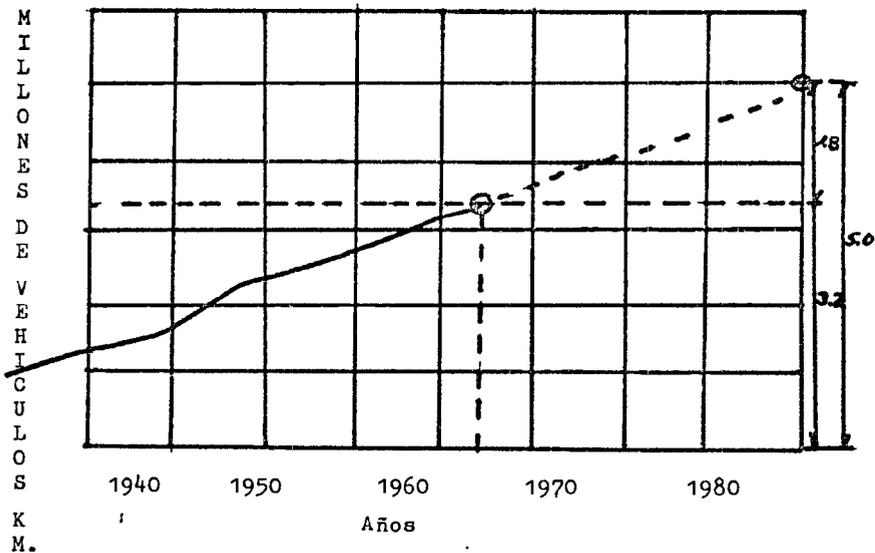
El coeficiente de expansión será:

$$C. E. = \frac{\text{Núm. de vehículos que pasan}}{\text{Núm. de vehículos entrevistados}}$$

El El aumento normal del tránsito, puede determinarse por medio de la gráfica que se mencionó al definir ese concepto (gráfica # 1).

La forma de hacer la estimación, consiste en prolongar -- con buen criterio la curva que se ha definido por los puntos establecidos con los datos que se tienen de daños anteriores, hasta llegar al año futuro que se desea conocer el número de vehículos que habrá entonces, por simple extrapolación cuando se carece de datos estadísticos, pueden recurrirse a datos sobre consumo de combustible en -- las poblaciones de la región considerada. Con un rendimiento promedio, se conoce en forma aproximada el aumento normal del tránsito. Desde luego los resultados así obtenidos, serán menos aproximados que los logrados con los métodos directos, anteriormente descritos.

GRAFICA # 1



Supongamos que se trata de estimar el aumento normal de tránsito en una región para la cual se tienen los datos estadísticos de la Gráfica # 1.

Volúmen de V-Km. en millones	
Año actual 1962	3.2
Año futuro de Proyecto 1980	5.0
Incremento normal del tránsito = $\frac{5.0-3.2}{3.2} = \frac{1.8}{3.2} = 0.562 = 56.2\%$	

Si en 1962 el (TDP) = 3000 vehículos

En 1980 (TDP) = 3000 x 1.562 = 4,686 vehículos.

Se ha logrado estimar por medio de experiencias, que el tránsito generado varía entre el 5% y el 30% del tránsito actual.

Es necesario un cuidadoso estudio de las características del camino para poder, con buen juicio fijar el procedimiento correspondiente, el que por supuesto será solo aproximado, dado el carácter de los factores variables que influyen al respecto.

Para conocer el tránsito desarrollado que deberá considerarse, es necesario conocer con detalle los proyectos y potencialidad de la zona que será beneficiada por el camino, así como también los datos concernientes al uso de la tierra, y las opiniones de las personas más prominentes de la región a fin de contar con el mayor número de elementos para tener resultados lo más acertados posibles.

Además un estudio socioeconómico de la región en estudio, es de gran utilidad al respecto.

Este tipo de tránsito es de especial importancia en zonas de poco desarrollo pero potencialmente ricas, llegando en ocasiones a ser motivo de limitación en cuanto a la vida útil que deba considerarse al camino, ya que puede la región estar en un grado de desarrollo tal que sea imposible padecer en su verdadera magnitud, las necesidades que se presentarán en el tránsito del futuro.

ro.

En estos casos la vida que se considera, el camino será - de pocos años, y el camino deberá ser planeado de tal manera que las modificaciones que vayan siendo necesarias, - puedan realizarse sin erogaciones demasiado costosas.

Factor de Previsión del Tránsito.

El factor de previsión del tránsito se calculará sumando al tránsito actual que se toma como la unidad, los porcentajes del crecimiento de tránsito, normal, generado y desarrollado respecto al tránsito actual expresado en fracción, es decir dividiendo el tránsito futuro entre el actual.

Este factor de previsión varía generalmente entre 1.5 y - 2.5 para un período de 20 años.

Con los estudios antes descritos, puede saberse el (TDPA) para el año futuro considerado, tomando en los cálculos - cada camión de carga o autobús como dos vehículos. Esto - se debe al obstáculo o estorbo que significan.

Volúmen Horario de Diseño (VHD).

Debido a que el volúmen de tránsito, registra grandes --- fluctuaciones durante los días del año, e incluso en las distintas horas de un mismo día, se hace necesario seleccionar un volúmen horario de diseño.

Este no podrá ser el máximo que se presente en todo el -- año, pues resultaría antieconómico el proyecto, ya que so lo en esa hora el camino daría servicio en toda su capacidad.

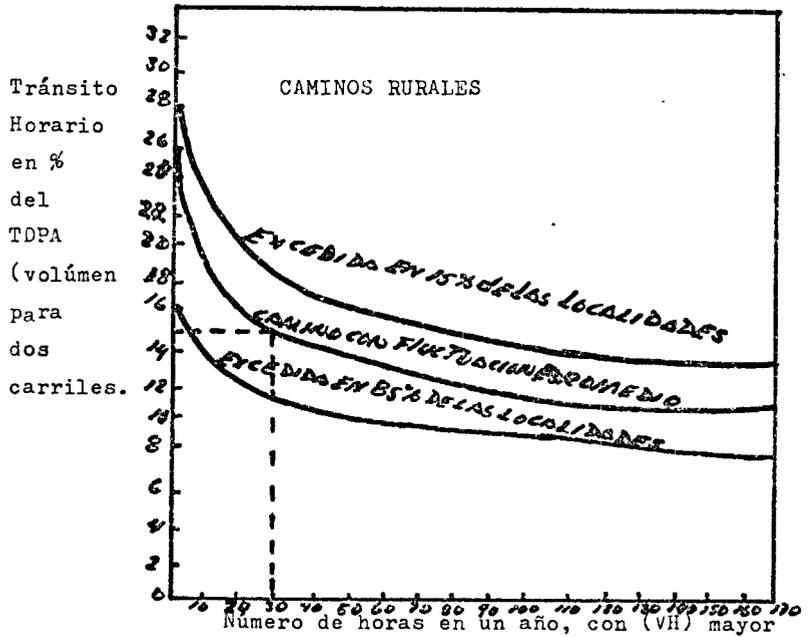
Por otra parte, sería un fracaso escoger para el diseño, - un volúmen que fuera menor a los que en muchas ocasiones - se presentaría, pues el camino presentaría un servicio deiciente.

Por lo anterior, la sección del (VHD) se hace auxiliando - se de una gráfica en la que se presentan las variaciones - del tránsito que se tienen durante el año, en la cual, co mo ordenadas se anotan los volúmenes horarios observados -

en el año, expresándolos en porciones del (TDPA) y en -- las abscisas se indica el número de horas en el año con -- volúmen mayor que el que se muestra.

Esta gráfica puede establecerse con datos de algún cami- no en operación, o con los obtenidos de un grupo de cami- nos geográficamente representativos; es por esto que los (VH) se expresan en función del (TDPA) pues los valores- absolutos serían muy discrepantes y su promedio no sería representativo.

Por medio de estadísticas bastante completas se ha visto que la curva resultante es del tipo de la que se muestra en la Gráfica # 2.



Observado la curva, se nota fácilmente una zona en la que todo movimiento hacia la izquierda, implica un rápido cre- cimiento de la curva, y hacia la derecha ésta tiende a ha- cerse horizontal.

Por esto se ha encontrado conveniente escoger como v.H.D. el correspondiente a la 30a. hora, (30VH), la que representa según la gráfica No. 2 el 15% del (TDPA). De esta manera solo habrá 29 horas en el año con volúmenes de tránsito mayor que el de diseño.

Puede observarse en la citada gráfica, que el volumen horario máximo, corresponde al 25% del (TDPA) y excede a la (30V.H.) en:

$$\frac{25-15}{15} \times 100 = 67\%$$

- 15

Por otra otra parte, durante 170 horas del año el volumen excede al 11.5% del (TDPA) y este valor es:

$$\frac{15-11.5}{15} \times 100 = 23\% \text{ menor que la } 30\text{v.H.}$$

15.0

Puede verse también que cualquier otro valor a la izquierda de la 30v.H. significa un considerable aumento en el (vHD) y valores tomados a la derecha de la 30v.H. dan volúmenes un poco menores que el de la 30v.H., pero en cambio aumenta el número de horas del año que tendrá volúmenes de tránsito mayores que el del diseño; de aquí la conveniencia del sistema de selección elegido.

La 30(v.H.) tiene además la característica de que, expresada como porcentaje del (TDPA), permanece casi constante de año, a pesar de que haya cambios significativos en los valores del (TDPA).

Las variaciones observadas son del orden del 1.0%.

Hay sin embargo casos en que un cambio en el uso de la tierra en la zona de influencia del camino, obliga a que la relación de la (30v.H.) al (TDPA), se establezca basándose en experiencias obtenidas en otros caminos que sirven a zonas en las que el uso de la tierra sea semejante. Existen caminos con tránsito muy grande en determinada época del año, ejemplo de esto son los caminos que conducen a lugares de recreo, en los que la relación de volúmenes horarios máximos al (TDPA) resulta muy alta; de tomar en estos casos la 30a. hora como la de diseño se tendrían

bajos volúmenes de tránsito en gran parte del año, lo que resultaría incosteable. En estos casos, se aconseja tomar como (v.H.D.) el correspondiente a la 80a. o centésima hora de la gráfica respectiva.

Distribución del tránsito por direcciones.

En caminos de dos carriles el (v.H.D.) es el volúmen de tránsito total en ambas direcciones.

En carreteras de dos o más carriles, en las que se necesitan ampliación y en las que se requieren un aumento en el número de carriles, es muy conveniente conocer el tránsito-horario en cada dirección.

Se ha observado en caminos de dos carriles, que la hora de máxima densidad de tránsito, generalmente se conserva, excepto en caminos con "Fluctuaciones grandes de época".

Se ha observado también, que esa distribución en relación con la 30a. hora, permanece constante casi todos los años. De modo que la distribución direccional determinada puede ser aplicada al (vHD) para un año futuro.

Por lo ya visto puede concluirse que el (vHD) para una dirección se obtendrá multiplicando el (TDPA) para los dos carriles por el porcentaje que la (30vH) representa con respecto al (TDPA) y por el porcentaje del tránsito en la dirección predominante durante la hora de diseño.

Influencia de la velocidad

La velocidad es un factor sumamente importante en el diseño de caminos, ya que la utilidad de éstos se califica según la efectividad del servicio que presenta y la economía que proporciona al transporte, factores ambos, en los que la velocidad y la seguridad tienen gran influencia.

La velocidad adoptada por los conductores depende de las condiciones generales siguientes:

- 1.-Características físicas del camino y sus costados.
- 2.-Condiciones atmosféricas y estado de conservación del camino.
- 3.-Presencia de otros vehículos.
- 4.-Limitaciones a la velocidad establecida por las Autorida

des de tránsito.

velocidad de Diseño (VD)

La velocidad de diseño es la fijada para normar el proyecto de un camino de un tramo del mismo.

Debe ser escogida de tal manera que satisfaga las exigencias de casi todos los usuarios, procurando que sea la mayor posible, siempre y cuando se cumpla debidamente con los aspectos de seguridad, eficiencia y economía. Para que el diseño resulte adecuado, las características del camino tales como: curvatura, sobre-elevación, distancia de visibilidad, ancho de pavimento, --acotamiento y distancias libres laterales, deben estar relacionadas convenientemente con la (VD).

La velocidad promedio de un punto del camino, también llamada velocidad de punto (VP) es la media aritmética de las velocidades de todos los vehículos que pasan --por un punto de referencia del camino.

La gráfica # 3 muestra la distribución típica de las velocidades de punto en caminos de dos carriles de alta velocidad, en tangente y bajo diversas condiciones de tránsito.

Se ha observado que la forma y posición de estas curvas cambian muy poco, por lo que pueden considerarse --como representativas.

Como puede verse en la gráfica, son pocos los conductores que viajan a más de 110 K.P.H. y a menos de 50 ---K.P.H.; es por esto que se acostumbra escoger la (VD)--dentro de este intervalo.

En casos especiales puede adoptarse como (VD) 120 K.P.H. para caminos controlados y de magníficas características geométricas.

Cuando hay necesidad de dividir el camino en tramos de diferentes velocidades de diseño, es recomendable que los incrementos sean de 15 K.P.H.

Velocidad de Recorrido (vR)

Es la velocidad en una sección determinada del camino, que corresponde al tiempo en que el vehículo está en movimiento; es decir, la que resulte de dividir la distancia considerada, entre el tiempo empleado en recorrerla.

Para condiciones de bajo volúmen de tránsito la (vR) se aproxima mucho a la (vP). En curvas diseñadas para bajas velocidades, la (vP) y la (vR) tienden a igualarse con la (vD), no así en curvas proyectadas para altas velocidades, en las que se ve que la (vR) y la (vP) son significativamente menores que la (vD), por lo que es de interés establecer la relación que existe entre la (vR) y la (vD) exponiendo a continuación en forma tabulada estas relaciones.

TABLA # 1

Relación entre la velocidad de diseño (vD) y la velocidad de recorrido (vR) (Caminos principales volúmenes de Tránsito Bajos)

(vD) (KPH)	Velocidad de Recorrido % de (vD)	Promedio (KPH)
50	90	45
65	85	55
80	80	64
95	75	71
110	70	77

Debido a que la (vR) varía con el volúmen de tránsito, es necesario aclarar si ésta se refiere a la hora de mínimo volúmen a alguna otra, sobre todo cuando se trata de estudios de diseño y operación.

Cuando se refiere a análisis económicos, lo usual es que (vR) representa el promedio diario.

Para ilustrar mejor la variación que (vR) experimenta en función del volúmen de tránsito, a continuación se representan las gráficas # 4 y # 5.

La gráfica # 4 se refiere a caminos rurales de dos carriles y en ella el volúmen que limita la gráfica a la derecha, --

representa la capacidad posible.

La gráfica # 5 muestra las variaciones que se han observado en caminos de 4 o más carriles.

Cuando por alguna interferencia los vehículos se ven obligados a viajar más juntos, la densidad aumenta, sin embargo el volúmen horario puede conservarse aunque a reducida velocidad.

Si las interferencias aumentan, pueden llegar a provocar una disminución en la velocidad y un aumento en la densidad a tal grado que ni bajando aún más la velocidad podrá mantenerse el mismo volúmen horario de tránsito.

Este límite está definido por la curva trasada con rayas interrumpidas en la gráfica # 5, e indica que para este límite de velocidad con los volúmenes correspondientes, está a punto de presentarse el congestionamiento.

La diferencia de ordenadas entre la curva llena y la interrumpida marca el intervalo dentro del cual puede variar la velocidad para mantener el mismo volúmen horario.

Como puede observarse, este intervalo se hace menor a medida que el volúmen horario aumenta, hasta que las dos -- curvas se cortan en un punto que representa la máxima capacidad del camino.

Cuando el volúmen horario está próximo a ese punto, el intervalo de variaciones de velocidad es tan pequeño que -- cualquier interrupción puede causar el congestionamiento.

Velocidad de Operación.

Velocidad de operación (V O), según se define las especificaciones de la SOP. Es aquella superior a la de proyecto, a la que comunmente se transita en los tramos de camino cuyas características lo permitan.

Capacidad de Tránsito.

Es el número de vehículos que pueden pasar por un punto -- de una superficie de rodamiento durante un período especificado de tiempo, a una cierta (vR), con las interferencias que son de esperarse para ese número de vehículos.

Los caminos rurales se consideran de flujo continuo por lo que todas las consideraciones que sobre capacidad se haran, corresponden a este tipo de flujo.

Capacidad Posible

Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto determinado de un carril o superficie de rodamiento durante una hora, bajo las condiciones predominantes, del camino y del tránsito, sin considerar su efecto sobre las demoras y restricciones a la libertad de maniobrar que pueden sufrir los usuarios.

Capacidad de diseño.-Es la adoptada para proyectar el camino y representa un volúmen de vehículos menor que el que corresponde a la capacidad posible.

En un proyecto, la capacidad de diseño debe ser igual o mayor que el (VHD), ya que en ese caso contrario la vida útil del camino será menor que la que se había previsto. Si por motivos poderosos, económicos por ejemplo, hay necesidad de reducir la capacidad de diseño, la relación anterior nos servirá para preveer la fecha en que se tendrá que modificar el camino o construir otro.

Para mostrar la gran influencia que tienen en la capacidad de un camino las restricciones de visibilidad y la existencia de vehículos lentos, particularmente los camiones, se presenta a continuación la tabla # 2 en la que se consideran dichos factores.

Cabe aclarar que los porcentajes correspondientes a la restricción de visibilidad, se considera con respecto a la longitud total del camino, tomando como tramos desfavorables, aquellos que las distancias de visibilidad es menor de 460 M., que según estudios es la que se necesita tener frecuentemente en un camino para poder garantizar una (vR) que oscile entre los 65 y 70 K.P.H.

La tabla # 2 puede usarse para diseño, interpolando valores cuando sea necesario.

En caminos de 4 ó más carriles la capacidad no se ve afectada por las restricciones de visibilidad pero en cambio -

adquiere mayor importancia el control de acceso y las interferencias en las cruces con otros caminos.

La tabla # 3 fija las capacidades de diseño en un carril y es utilizable para proyecto de camino de 4 ó más carriles.

Para conocer la capacidad de diseño de los carriles - con cimentación en un mismo sentido, se multiplica el número de estos por la capacidad que les corresponde en la tabla según las características de topografía, - velocidad, ancho de carril y porcentaje de camiones - que les corresponden, como la tabla anterior está hecha para caminos sin espacio lateral limitado (Más de 1.80 M. de la carpeta a la construcción), deberán multiplicarse los valores consignados en ella por los -- factores que da la tabla # 4 para casos en que las -- condiciones de espacio lateral libre no se cumplan.

Capacidad de tránsito diario promedio.-Puede expresarse la capacidad (TDP) deduciéndola del valor determinado para el (vHD); para esto se hace uso de nomograma # 1.

Nomograma # 1 Modo de Usarlo:

Se entra por la parte superior izquierda con el (vHD) correspondiente a un carril, y se continua hacia la - derecha siguiendo las líneas horizontales y vertica-- les hasta llegar a la escala en que se puede leer la capacidad equivalente en (T D P), auxiliándose en - los siguientes datos:

C por ciento de camiones durante la hora máxima de intensidad.

T topografía del terreno.

$K = \frac{(V H D)}{(T D P)}$, considerando el tránsito en los dos ent-- dos, K varía en general de 50 a 80%

Promedio 67%

N=Número de Carriles.

D=Volúmen en un sentido en la dirección predominante-

de circulación a la hora de máxima intensidad de tránsito expresando como % del (VHD) para los dos entidos. El Nomograma # 1 representa la siguiente fórmula empírica.

$$\text{Capacidad T D P} = \frac{100 P}{100 C(J - 1)} = \frac{500 N}{K D}$$

Con la que también puede calcularse la capacidad (TDP) - en ella. J Número equivalente de vehículos de pasajeros - por cada camión y P (VHD).

CLASIFICACION DE CAMINOS

De acuerdo con el volúmen de vehículos para el que van a ser diseñados los caminos, la SOP los clasifica de la siguiente manera:

Para un tránsito hasta con 50% de caminos.

Camino tipo especial (TDPA)	A	B	C	Brecha
más de 3000	1500-3000	500-1500	50-500	hasta
				vehículos

Las normas geométricas que rigen el diseño del camino -- cuando éste es de los tipos A, B o C, son las que aparecen en las tablas 5, 6 y 7. Cuando el camino es de tipo-especial requiere proyecto especial y para cuando se trata de brechas las normas geométricas se fijan según el caso.

VEHICULO PARA DISEÑO

Las dimensiones de los vehículos que transitan por la vía en proyecto, son condiciones que influyen notablemente - en el diseño geométrico de ésta.

Como son muchos los tipos de vehículos que harán uso del camino y también muy variadas sus características se hace necesario idealizar un vehículo tal, que sea representativo de la gran mayoría que hará uso de la carretera, - este es el llamado vehículos para diseño, el que puede - definirse diciendo que es un vehículo de motor seleccionado, cuyo peso, dimensiones y características de operación, se usan para establecer los lineamientos que regi-

ran el proyecto del camino.

El vehículo se ha clasificado en dos grupos generales:

1.-Automóviles pasajeros (P). Dentro del que se encuentran todos los vehículos ligeros, incluyendo las -- camionetas ligeros.

2.-Camiones (C). Grupo en el que se incluye el camión-- sencillo el autobús, el tractor con semi-remolque y el camión tractor con remolque.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL CAMINO.

Para integrantes de la sección.

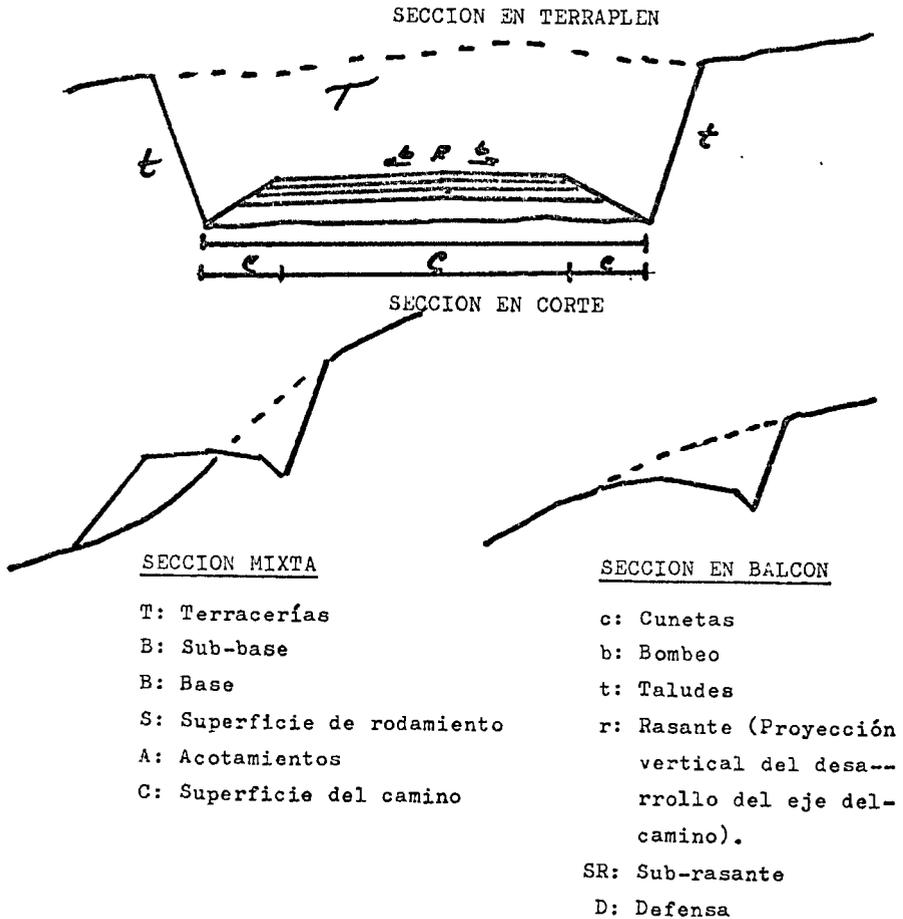
Considerando la sección transversal de un camino de -- dos carriles y con dos sentidos de circulación, vemos-- que entre las partes que lo construyen pueden enumerarse en primer término: Las terracerías, el pavimento, -- los acotamientos y las cunetas.

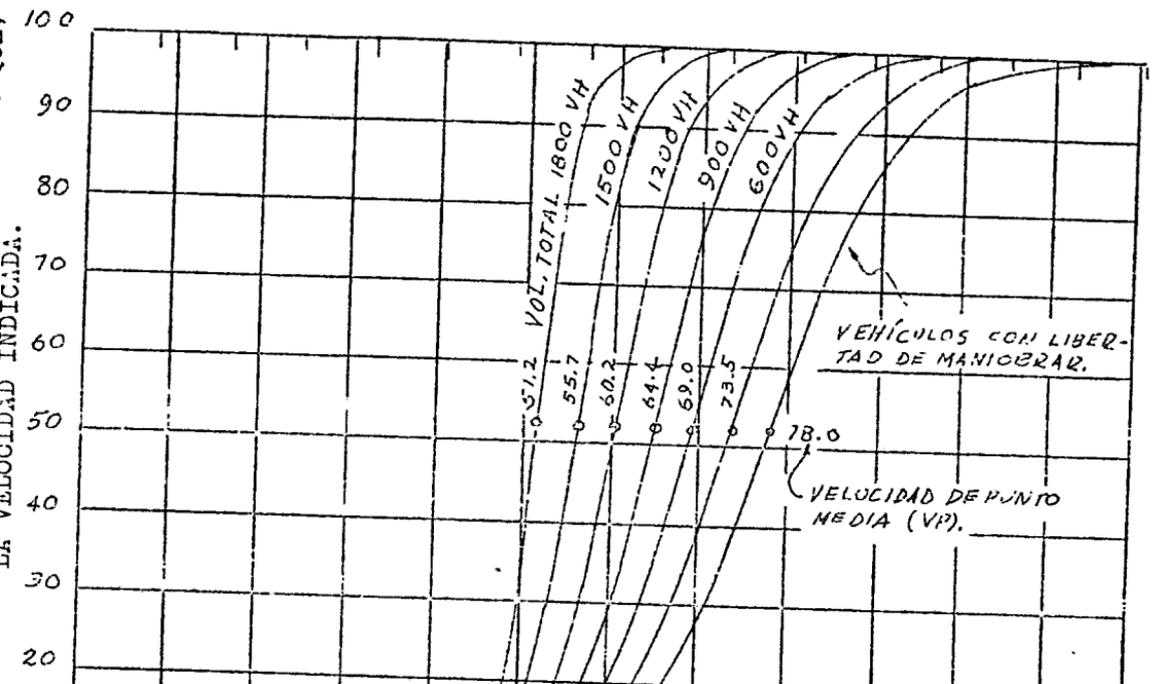
El pavimento a su vez está compuesto por la sub-base, -- la base y la carpeta o superficie de rodamiento.

Como partes complementarias pueden considerarse: Contra cunetas, bordos de protección, zanjas de prestamo, ca-- nalizaciones, guarniciones, muros de contención defen-- sas y señalamientos.

En la fig. # 6 (A,B,C,D) pueden verse los diferentes tipos de secciones que se pueden tener con las principales que la forman.

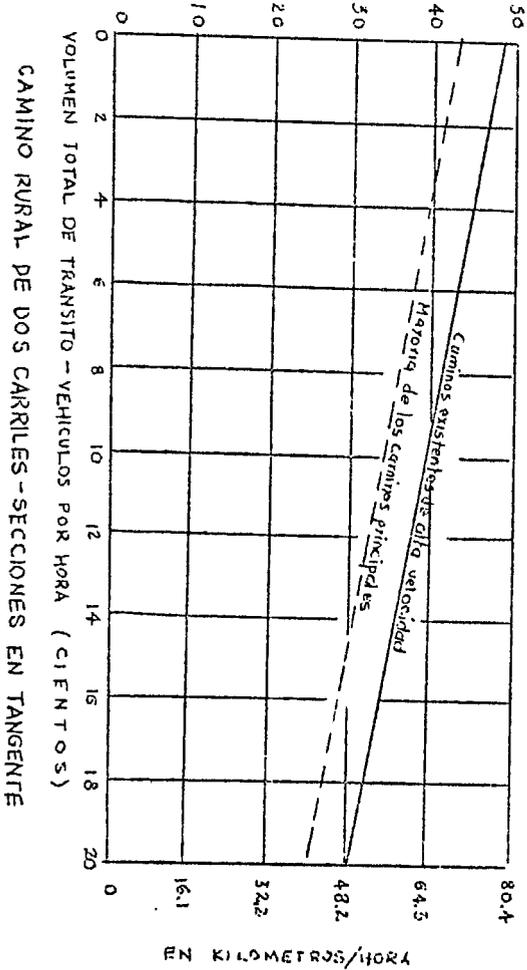
FIGURA # 6





GRAFICA No. 4

VELOCIDAD PROMEDIO EN UN PUNTO (VP)
EN MILLAS/HORA



GRAFICA No. 5.

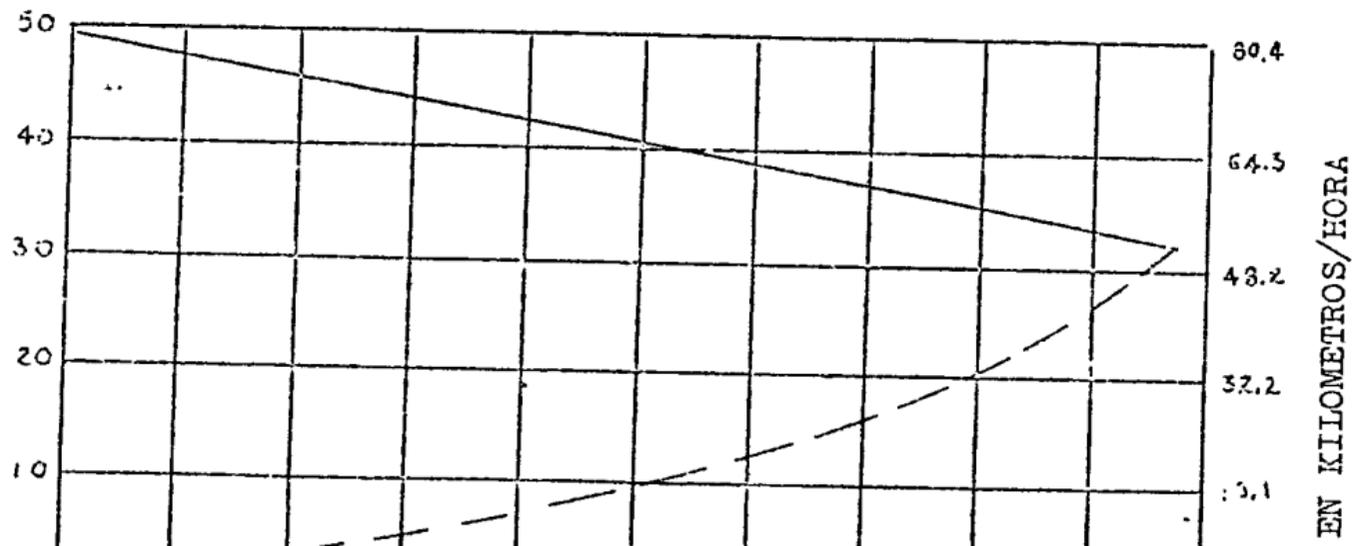


TABLA No.2.

CAPACIDAD DE DISEÑO EN CAMINOS RURALES CON CIRCULACIÓN EN DOS SENTIDOS DE DOS CARRILES.
CONTINUA.

TIPO DE TERRENO.	% DE LA LONGITUD DEL CAMINO EN QUE LA VISIBILIDAD ES MENOR DE 460 m (x)	CAPACIDAD DE DISEÑO DE CAMINOS DE 2 CARRILES (VH) TOTAL EN DOS SENTIDOS.											
		b = 3.65 m.			b = 3.35 m.			b = 3.05 m.			b = 2.75 m.		
		C			C			C			C		
		0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20
PLANO.	0	900	700	690	770	670	600	690	600	530	630		
	20	860	(750)	660	740	(640)	570	660	580	510	600		
	40	800	700	620	690	600	530	620	540	480	560		
ONDULADO.	0	900	640	500	770	550	430	690	500	390	630		
	40	800	570	450	690	490	380	620	440	340	560		
	60	720	(510)	400	620	(440)	340	550	400	310	500		
	80	620	440	350	530	380	300	480	340	270	430		

"b" es el ancho del carril en m, "c" es el porcentaje de camiones a la hora de máximo volumen de tránsito.

(x) La distancia de visibilidad es considerada en los alineamientos horizontal y vertical.

NOTA:- Para obtener la CAPACIDAD POSIBLE se usan los valores para restricción de visibilidad y se multiplican por los valores: 2.22 para b= 3.65 m., 2.27 para b= 3.35 m., 2.34 para b= 3.05 m. y 2 X i para b=2.75 m.

TABLA No. 3.- CAPACIDAD DE DISEÑO EN CAMINOS DE VARIOS CARRILES, FLUENCIA CONTINUA.

Ancho del carril m	% de camiones en la hora de máximo volumen de tránsito.	Capacidad de diseño, promedio por carril en VH					
		vía libre suburbana--nos (x)		Alta velocidad. rurales (x)		caminos con acceso parcialmente controlado.	
		Terreno		Terreno		Terreno	
		Plano	Ondulado	Plano	Ondulado.	Plano	Ondulado
3.65	0	1200	1200	1000	1000	800	800
3.65	10	1090	920	910	770	730	620
3.65	20	1000	750	830	630	670	500
3.35	0	1160	1160	970	970	780	780
3.35	10	1060	900	880	750	700	600
3.35	20	970	730	810	610	650	480
3.05	0	-	-	-	-	730	730
3.05	10	-	-	-	-	660	560
3.05	20	-	-	-	-	610	450

(x) Control de acceso, completo.

Nota:- Para obtener la capacidad posible, multiplicar los valores de esta tabla por 1.67 para vía libre y por 2.00 para los otros dos casos.

TABLA No. 4.- FACTOR DE REDUCCION DE LA CAPACIDAD POR ESPACIO LIBRE LATERAL LIMITADO.

(Para ser aplicado directamente en los valores de las tablas números 2 y 3.)

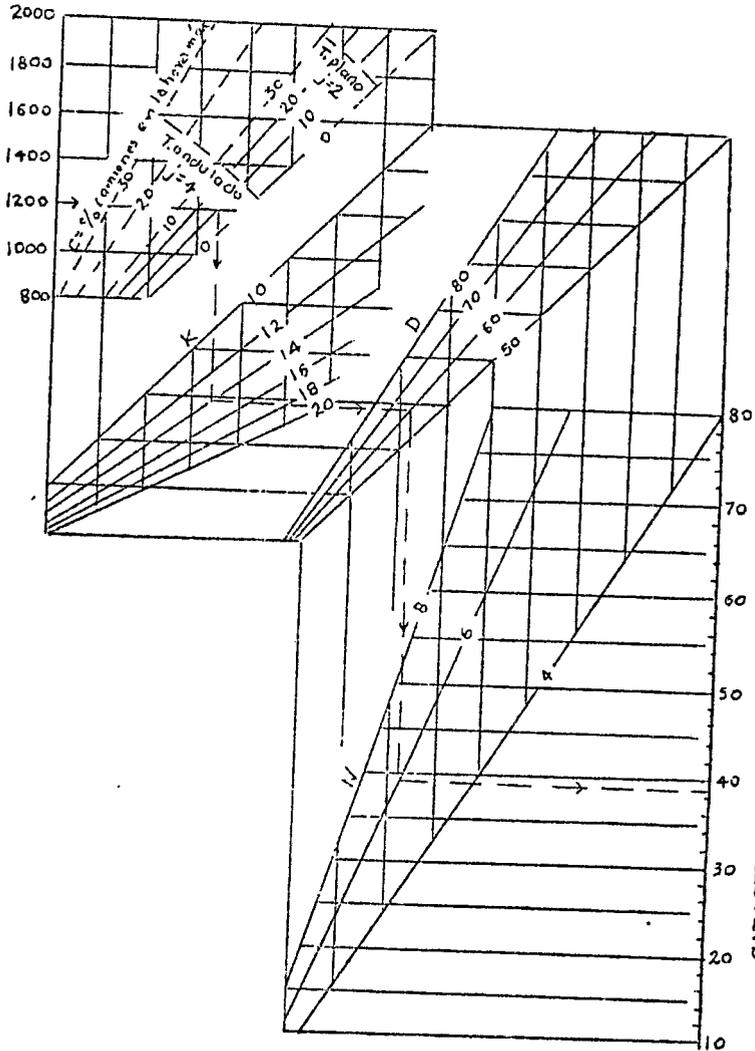
Espacio libre entre o rilla de su superficie de rodamiento y la obstrucción.	Factor de reducción de capacidad debido al espacio libre lateral limitado.			
	Obstrucción en un lado para:		Obstrucción en ambos lados para:	
	Camino de 2 carriles.	Camino de 4 carriles, con 2 de ellos en c/sentido.	Camino de 2 carriles.	Camino de 4 carriles, con 2 de ellos en c/sentido.
1,80 m	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.98	1.00	0.96	0.98
1,20	0.96	0.99	0.92	0.98
0.90	0.93	0.98	0.86	0.97
0.60	0.91	0.97	0.81	0.94
0.30	0.88	0.95	0.75	0.90
0.00	0.85	0.90	0.70	0.81

NOMOGRAMA No. 1

CAPACIDAD TDP PARA CAMINOS CON CARRILES
MULTIPLES

FLUJO CONTINUO. CARRILES DE 3.65 m.

P=CAPACIDAD-BASE POR CARRIL --- Vch.
pasajeros/hora



CAPACIDAD TDP --- TOTAL EN DOS SENTIDOS EN MILES

TABLA No. 5

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.	UNIDADES	TERRENO PLANO Y SUAVE.	LOMERO FUERTE.	MONTAÑOSO - POCO ESCARPADO.	MONTAÑOSO - MUY ESCARPADO.
Velocidad de Operación.	k.p.h.	100	80	70	60
Velocidad de proyecto.	k.p.h.	70	60	50	40
Ancho de Corona	m	9.00	9.00	8.50	8.00
Ancho de Carpeta.	m	6.10	6.10	6.10	6.10
Grado máx. de curvatura.	grados	8	11	16°30'	26
Pendiente Gobernadora.	%	2.0	3.5	4.0	4.5
Pendiente máxima.	%	4.0	5.0	5.5	6.0

TABLA No. 6

Velocidad de Operación.	k.p.h.	80	70	60	50
Velocidad de proyecto.	k.p.h.	60	50	40	35
Ancho de corona	m	8.00	8.00	7.50	7.00
Ancho de carpeta.	m	6.10	6.10	6.10	5.50
Grado máx. de curvatura.	grados	11	16°30'	26	35
Pendiente Gobernadora.	%	2.5	3.5	4.5	5.0
Pendiente máxima.	%	4.5	5.5	6.0	6.5

TABLA No. 7

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.	UNI-- DADES	TERRE-- NO PLA NO Y -- LOME-- RIO SUAVE	LOME-- RIO FUER-- TE.	MONTA-- NOSO - POCO - ESCAR- PADO.	MONTA-- NOSO - MUY -- ESCAR- PADO.
Velocidad de -- operación.	k.p.h.	70	60	40	35
Velocidad de -- proyecto.	k.p.h.	50	40	30	25
Ancho de Corona	m	7.00	7.00	6.50	6.00
Ancho de Carpe- ta.	m	5.50	5.50	5.50	5.50
Grado máx. de - curvatura.	grados	16°30'	26	41	57
Pendiente Go--- bernadora.	%	3.0	4.0	4.5	5.0
Pendiente máxi- ma.	%	5.0	6.0	6.5	7.0

Materiales Pétreos.

1.-Generalidades.-El material pétreo es factor de gran importancia en la estabilidad de la carpeta; siendo necesario usar, para mantener unidas las partículas pétreas, material asfáltico adecuado al caso, de esta manera se evita la desintegración de la carpeta por efectos del tránsito de los vehículos y de intemperismo. Para que pueda llenar su cometido, es preciso que el material pétreo tenga la calidad necesaria y que la graduación de sus partículas sea la adecuada, ya que se trata de carpetas de mezcla asfáltica o de carpeta de riegos.

Para construir carpetas debemos escoger materiales pétreos que no hayan sido alterados excesivamente por los agentes del intemperismo, físico o químico.

Las variaciones de temperatura provocan contracciones y dilataciones en las rocas, que con el tiempo dan lugar a la formación de grietas. La acción de los ácidos orgánicos arrastrados por el agua de lluvia a través de esas grietas, así como la del bióxido de carbono de la atmósfera, dan origen a cambios en la composición química de los diversos minerales que forman las rocas. Si esta alteración es excesiva da resultado materiales demasiado suaves que no resisten los esfuerzos provocados por las cargas de los vehículos, o bien materiales de características favorables en cuanto a su adherencia con el asfalto.

Clasificación de Materiales Pétreos.

- a).-Materiales granulares que no requieren ninguna preparación previa de trituración cribado tales como las arenas o granitos desintegrados utilizados en la construcción de mezclas asfálticas.
- b).-Materiales granulares naturales que requieren un cri-

bado o una trituración parcial y eliminar las partículas de tamaño mayor que el especificado, tales como las gravas y arenas de río que se utilizan preferentemente en la elaboración de mezclas asfálticas.

c) Materiales naturales procedentes de la explotación de bancos de roca, o materiales de "pepena", que deberán triturarse y clasificarse en diferentes tamaños por medio de una operación de cribado, y que se utilizan en la elaboración de carpetas de mezclas asfálticas o por el sistema de riegos.

d) Los materiales de los grupos anteriores que requieren un tratamiento de lavado.

e) Escoria de fundición que deberá triturarse y cribarse para obtener materiales de diversos tamaños que se utilizarán en la construcción de carpetas de mezcla asfáltica o por el sistema de riego.

La abundancia o escases de los materiales mencionados en la región donde va a construirse el camino, el estudio comparativo de sus costos de extracción preparación y acarreo, el análisis de las características físicas o físico-químicas de cada uno de ellos para definir sus respectivas calidades, son factores que deberán pensarse cuidadosamente antes de hacer la elección final del tipo de carpeta ya que tiene gran influencia en los costos de construcción y mantenimiento de la carretera.

Los materiales pétreos triturados, aunque lo hayan sido parcialmente, dan carpetas con mayor estabilidad que las que se obtienen con materiales redondeados, debido a la angulosidad de sus partículas que proporcionan un mejor acuanamiento entre ellas. Aún en las carpetas de riegos se requiere una cierta granulometría del material pétreo para lograr el mejor acuanamiento, en las carpetas de mezcla asfáltica de graduación es uno de los factores principales que va a proporcionar a la carpeta sus características de estabilidad, textura e impermeabilidad.

Cuando al ser triturado el material pétreo la granulometría del producto de la trituración es satisfactoria (generalmente hay escasez de finos), es necesario agregar un material que corrija los efectos de la curva -- granulométrica, esto es recomendable para aquellas ocasiones en que no es factible económicamente lograr la mejoría en la granulación, mediante ajuste de la trituradora. Este caso es muy frecuente en los materiales -- provenientes de rocas de buena calidad, que obligan a la adición de arena o de material fino que supla de deficiencia de partículas de los tamaños menores, y los requisitos de granulometría que fijan las especifica--ciones de construcción.

El tamaño máximo del material pétreo está limitado por el espesor de la carpeta que va a construirse y se recomienda que no exceda de $2/3$ del espesor de ésta. En general se puede decir que las carpetas construidas -- normalmente, el tamaño máximo del agregado debe variar entre 13 mm. ($1/2''$) y 19 mm. ($3/4''$). La graduación fijada por el material pétreo con tamaño máximo de 25 -- mm., ($1''$) tiene tendencia a producir una carpeta de -- textura abierta por la escasez de finos. Este puede -- ser un defecto de importancia, a menos que se logre -- una impermeabilidad total de la carpeta por medio de -- riegos de sello posteriores.

2.-Normas de Calidad.

Normas de calidad que deben satisfacer los materia--les pétreos.

En clasificación anterior (Tabla # 1) se hacen reco--mendaciones respecto al uso de los suelos cuando -- son componentes de la Subrasante, de acuerdo con -- las características que poseen.

La SOP para determinar si el material pétreo reune--las características requeridas según vaya a ser usado en la base, sub-base o subrasante, especifica --

que debe ser sometido a diversas pruebas de laboratorio, entre las que se encuentran las siguientes:

- 1.-Determinación del peso volumétrico suelto y seco. --- (108 - 7.2) (x).
- 2.-Determinación de la composición granulométrica. (108 - 8).
- 3.-Pruebas de plasticidad. (108.9)
- 4.-Determinación de la densidad y absorción de las partículas. (108 - 6 y 108 - 5).
- 5.-Determinación del peso volumétrico máximo (108 - 10) - y (108 - 11).
- 6.-Determinación del valor relativo de soporte y del valor cementante (108 - 12 y 108 - 14).

(x) Los números entre paréntesis se refiere a los incisos de la parte novena de las Especificaciones Generales de Construcción de la SOP donde aparecen descritos -- los métodos de prueba.

- 1.-La prueba de peso volumétrico seco y suelto da una -- idea de graduación, densidad y porosidad del material. Si este está bien graduado, si tiene alta densidad y es poco poroso, dará altos pesos volumétricos (del orden de los 1700 kg/m³.), por el contrario si está mal graduado y tiene densidad baja y porosidad alta, el peso volumétrico será bajo.

Esta prueba sirve además para saber si el material es fácilmente compactable o no, para ello se compara con el peso volumétrico máximo del mismo.

- 2.-El análisis granulométrico nos da para juzgar la fricción entre las partículas; un material bien graduado tendrá una alta fricción interna y consecuentemente -- una buena estabilidad. Como en esto último también influyen las proporciones en que intervienen determinados tamaños de partículas (a exceso de finos corresponden una baja estabilidad). Se han definido curvas--

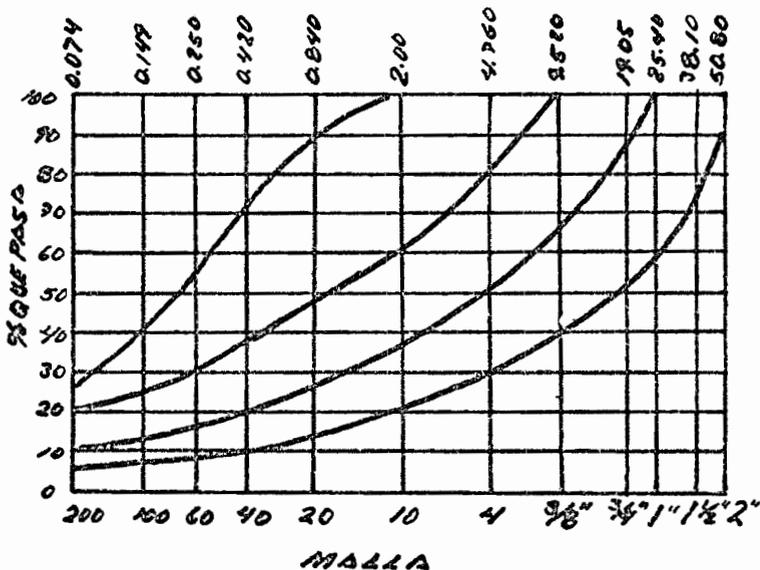
granulométricas patrón, que sirven para saber en que parte del pavimento puede ser usado un material determinado. Así en la gráfica # 1, los materiales cuya curva granulométrica quede dentro de la zona intermedia o inferior -- pueden ser usados en las bases de los pavimentos, pues -- ese material no tendrá excesos de finos.

Cuando el material tiene una curva granulométrica que -- cae en la zona superior, puede usarse en la sub-base y en la sub-rasante.

En general si las curvas de material ensayado, efectúan formas semejantes a las que sirven de norma, sin presentar quiebres bruscos y las partículas no tienen forma de aguja o escamas, el material puede catalogarse como de -- graduación conveniente.

3.-Las pruebas de plasticidad son útiles para definir la calidad de un suelo. Así, puede definirse que un suelo de alto índice plástico (IP) es efectuado considerablemente por los cambios de humedad. Como además se ha podido observar que cuando el I.P. es alto, el límite líquido L.L. y el límite plástico (L.P.) tiene -- también valores altos, es de recomendarse el uso de -- materiales de bajo (L.L.)

GRAFICA # 1



4.-Los materiales pétreos de diámetro $3/8"$ de alta densidad y bajo absorción son de buena calidad, por esto es conveniente someterlos a esas pruebas.

En suelos finos la densidad sirve para estimar el porcentaje de vacios cuando el suelo ha sido compactado. - La prueba de absorción da idea a la avidez del material por el agua y de su porosidad, que a su vez es un índice para apreciar su resistencia en forma cualitativa.

5.-El peso volumétrico máximo sirve para calcular el porcentaje de humedad que resulta óptimo para compactar el material pétreo en estudio, dato que es de mucha utilidad en la obra.

Puede además calcularse el peso volumétrico seco máximo, haciendo las correcciones por humedad, para comparando con el peso volumétrico seco y suelto, tener una idea aproximada de la facilidad con que puede compactarse el material y tambien respecto a su calidad, en

relación con su graduación.

6.-El valor relativo de soporte y el valor cementante son de mucha utilidad en el diseño de espesores del pavimento y para definir en que parte del mismo, puede ser utilizado ese material.

La prueba de valor cementante es útil para conocer el grado de cementación del material, dato que es necesario conocer sobre todo cuando este uno a formar capas que van a quedar expuestas al tránsito sin carpeta de protección.

Cuando se trata de material pétreo que va a ser usado en carpetas, las pruebas a que es necesario someterlo son las siguientes:

- 1.-Pruebas de afinidad con el asfalto (110 - 12) (x).
- 2.-Pruebas de desgaste (110 - 10).
- 3.-Determinación de la absorción del material retenido en la malla de $3/8''$ (110 - 5).
- 4.-Determinación de la densidad (110 - 6).
- 5.-Determinación de la plasticidad de los finos - - - (110 - 9).
- 6.-Determinación de la pérdida por intemperismo acelerado en el material pétreo (110 - 11).

(x) Los números entre paréntesis son los incisos de la parte novena de las especificaciones de la SOP donde se describen los procedimientos de prueba.

- 1.-Los materiales pétreos, de acuerdo con la afinidad que tengan con el agua, se denominan hidrófilos o hidrófobos. Los primeros presentan mayor afinidad con el agua que con el asfalto, lo que los hace indeseables, en cambio con los hidrófobos por ser más afines con el asfalto que con el agua, se pueden construir carpetas de buena calidad, por lo que son siempre preferibles.

Para estimar la afinidad del material pétreo con el asfalto, se recurre a la prueba de desprendimiento

por fricción (inciso 110 - 12.3 parte novena) y a la - de pérdida por estabilidad por inmersión del espécimen en agua (inciso 110 - 12.4 parte novena).

En la primera se compara en forma visual, el desprendimiento habido en el material en estudio con el que se tuvo otro material de buena calidad que también se sometió a prueba.

El resultado se expresa en porciento de desprendimiento en el material pétreo estudiado es semejante al que se observa en la muestra testigo, o no exceda de un -- 10% de la superficie total, se dice que el material es de "Adherencia Normal con el Asfalto".

Si el área de desprendimiento es mayor que el 25% del área total, se dice que es de "baja adherencia". En casos intermedios se considera como de "Adherencia Regular". En los últimos casos deberá mejorarse la calidad del material pétreo por cualquiera de los siguientes - medios:

- a) Con aditivos, usando éstos en las cantidades necesarias.
- b) Usando cal hidratada en forma de lechada y muy diluida. Por este medio se obtienen buenos resultados --- cuando se trata de materiales silicosos.
- c) Por trituración, con lo que se obtienen superficies frescas no intemperizadas.
- d) Lavando el material pétreo para eliminar el polvo.

Los resultados de la prueba de la pérdida de estabilidad por inmersión en agua se expresan en % de resistencia a la compresión simple sin confinar, de un espécimen saturado, con respecto a la de otro que no se saturó. Si la pérdida es menor del 25%, el material pétreo y el % de asfalto usado pueden considerarse útiles para construir la carpeta. Si la pérdida es mayor del 25%, esto indicará que es necesario poner mejor calidad al material pétreo o desecharlo.

2.-Prueba de desgaste.

Las pruebas de desgaste, son índice para saber el -- grado de alteración del material. Las pruebas que se hacen para este fin, son la "Deval y la de los Angeles". Prueba de desgaste en la máquina Deval para roca en trozos.

Se rompe la roca por probar en trozos de forma más o menos cúbica, sin vertices agudos ni aristas salientes y en número aproximado a 50 y que dan un peso -- aproximado de 5 Kg.

Se lava la muestra y se seca el horno pasándose en -- seguida para obtener el peso inicial "P".

La muestra seca se coloca dentro de la máquina Deval haciéndola girar durante 5 1/2 horas a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto, hasta completar 10,000 revoluciones. El material se sacará de la máquina Deval y se lavará sobre una malla No. 12. El -- retenido se colocará en el horno para secarlo hasta obtener peso constante que se anotará como peso fi-- nal "Pf".

El porciento de desgaste se calculará en la forma si-- guiente:

$$\text{Porcentaje de Desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Prueba de desgaste en la máquina Deval para agrega-- dos Graduados.

La prueba se efectúa de manera siguiente:

Se lava la muestra de material graduado para elimi-- nar el polvo que lleven adherido las particulas y se secará, se cribará a través de las mallas 50.8 mm. -- (2"), 38.1 mm. (1 1/2), 25.4 mm. (1"), 19.05 mm. --- (3/4"), 12.7 mm. (1/2"), 9.52 mm. (3/8"), Núm. 4 y -- Núm. 12 para conocer su composición granulométrica, -- y seleccionar la granulometría que más se asemeje a -- la escogida para la carpeta, ya sea que esta se vaya

a construir por el procedimiento de mezcla asfáltica o por el tratamiento superficial.

La muestra ya preparada se colocará junto con las 6 esferas de hierro en la máquina Deval, la cual se hará girar hasta completar 10,000 revoluciones. Se sacará la muestra de la máquina, se lavará a través de la malla No. 12 el retenido se secará en el horno hasta peso constante y se anotará el peso "Pf".

El porciento de desgaste se calculará con la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de Desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Prueba de desgaste en la máquina de los Angeles para agregados Graduados.

El porcentaje de prueba es el siguiente:

Se lava la muestra para eliminar el polvo que llevar adherido las particulas y en seguida se seca en el horno hasta peso constante, despues se criba a través de las mallas Tyler 76.2 mm. (3"), 63.5 mm. (2 1/2"), --- 50.8 mm. (2"), 38.1 mm. (1 1/2"), 25.4 mm. (1"), 19.05 mm. (3/4"), 12.7 mm. (1/2"), Núm. 3, Núm. 4, Núm. 8 y Núm. 12. Para conocer su granulometría y seleccionando la granulometría que más se asemeje a la graduación -- propuesta para la carpeta asfáltica.

La muestra seleccionada que ha sido pesada previamente (pi), se colocará junto con las esferas en la máquina, la cual se hará girar hasta completar cierto número de revoluciones. Se sacará la muestra de la máquina y se lavará a través de la malla No. 12 y el retenido sobre esta malla se sacará en el horno y se pesará (Pf).

La pérdida por desgaste será:

$$\text{Porcentaje de Desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

3 y 4.-Es deseable tener materiales de alta densidad y baja absorción ya que son los menos alterados y por lo tanto los más resistentes, además los de alta absorción consumen mucho asfalto, lo que puede resultar an-

tieconómico.

5.-Las pruebas de plasticidad sirven para saber si el material pétreo tiene o no arcilla, y que ésta no debe admitirse por ser sumamente perjudicial en cuanto a la adherencia se refiere.

6.-La prueba de intemperismo acelerado, es propio para aquellos casos en que el camino esta en zonas donde puede haber congelamiento.

Quando la carpeta va de riegos, las pruebas y las especificaciones seran:

	% Permissible
<u>Contracción lineal.</u>	3% Máx.
<u>De desgaste:</u>	
De deval para rocas en trozos	6% Máx.
De deval para grava sin triturar	10% Máx.
De deval para gravas trituradas	20% Máx.
De deval escoria de fundición	10% Máx.
Los Angeles	40% Máx.
<u>Intemperismo Acelerado con:</u>	
Sulfato de sodio	12% Máx.
Sulfato de magnesio	18% Máx.
<u>Afinidad con el asfalto</u>	
Prueba de pérdida por fricción	25% Máx.
Prueba de pérdida de estabilidad por inmersión en agua.	25% Máx.

Es necesario que las granulometrías se apeguen a las definidas en la Gráfica # 3 afectando la curva del material ensayado, una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas por lo menos durante las dos terceras partes de su longitud para considerarlo aceptable.

Material Asfáltico.

1.-Generalidades.

Función del material asfáltico.

a.-El material asfáltico es usado como cementante del --

agregado pétreo en las carpetas tipo flexible.

Los productos asfálticos son de diferentes tipos, según las características que poseen, lo que el uso que debe dárseles.

b.-Constituyente de los asfaltos.

Los componentes de los asfaltos son tres:

Los aceites, las resinas y los asfaltenos, los asfaltenos son solubles en las resinas, y ambos se disuelven en los aceites.

Estos últimos proporcionan las propiedades cementantes los otros dos la dureza.

Los asfaltos pueden ser obtenidos de depósitos naturales, con porcentaje variable en el contenido de bitúmenes; pueden también provenir de la destilación del petróleo de base asfáltica.

Los asfaltos naturales se dividen en:

- a) Rocas Asfálticas, que son impregnaciones bituminosas de materiales calisos o silicosos cuyo contenido de bitumen es menor del 20%.
- b) Asfaltos naturales propiamente dichos, los que tienen un contenido de bitúben que varía entre el 20 y el 19%.

Estos asfaltos no pueden ser usados en pavimentación tal y como se extraen, sino que es necesario mezclarlos con asfaltos más suaves y con solventes provenientes de la destilación del petróleo a fin de darles la consistencia requerida en un cemento asfáltico.

c) La acción del intemperismo.

Una vez que el asfalto ha sido colocado en el camino en forma de película cubriendo el material pétreo, quedando sujeto a la acción de la luz solar, de los cambios de temperatura y del agua, elementos que -- provocan cambios en su estructura interna, dando lugar a un aumento en la rigidez de la carpeta y a --

una disminución en sus propiedades cementantes. Para evitar estos efectos es recomendable usar productos de endurecimiento lento y aumentando, lo más que la estabilidad de la carpeta lo permita, el espesor de la película.

El agua produce además el efecto de desprendimiento de la película asfáltica todo cuando el material pétreo es del tipo hidrófilo, originando la desintegración de la carpeta. Esto se evita construyendo oportunamente riegos de sello, cubriendo la carpeta a fin de impermeabilizarla.

2.-Uso de los asfaltos.

a) Los asfaltos rebajados, son productos asfálticos logrados con la combinación de cementos asfálticos y solventes derivados de la destilación del petróleo.- Estos solventes son: Los aceites, la kerosina y las gasolinas. La cantidad y el tipo de solvente usado, le dan las características de viscosidad y fraguado al producto rebajado.

El fraguado será lento, medio y rápido, según se usan aceites, kerosina o gasolina y se les designa con FL, FM y FR respectivamente.

Los FM son usados en riegos de impregnación de base, en estabilizaciones asfálticas y en carpetas hechas con mezcla en el lugar.

Los FR se utilizan en la construcción de carpetas por el sistema de riegos, también se usan riegos que se aplican sobre bases ya impregnadas, sirviendo de liga entre éstas y la carpeta. Otro uso que se le da es en mezcla elaborada en el lugar o en planta estacionaria.

Los FL se usan para estabilizar suelos finos; también son usados en la construcción de carpetas de mezcla en el lugar y en riegos de impregnación en bases de textura muy cerrada.

De acuerdo con la viscosidad, se acostumbra poner después de las literales en número que varía del cero al 4 según la menor o mayor viscosidad del producto.

b) Cemento asfáltico.-Se usan en la elaboración de mezcla asfálticas hechas en plantas estacionarias. Es necesario calentar tanto el material pétreo como el asfáltico, pues de no hacerlo, la alta viscosidad de éste último haría que la mezcla asfáltica no resulte uniforme.

c) Emulsiones asfálticas.-Se elaboran mezclando cemento asfáltico en forma de pequeños glóbulos de 2 a 20 micras de diámetro, con agua y un agente emulsificante disuélto en ésta última para evitar la coalescencia de los glóbulos asfálticos.

Las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas y catiónicas.

Las primeras se denominan así debido a la carga eléctrica de signo negativo presente en las superficies de los glóbulos de asfalto. El agua usada es alcalina y al reaccionar con los ácidos naftémicos del asfalto, producen un jabón que sirve de agente emulsificante, proporcionando una película protectora que rodea al glóbulo.

Además de esta protección, se evita la unión de los glóbulos por el efecto de las cargas del mismo signo que hace que éstos se repelen entre sí, dando lugar a los movimientos brownianos, si el tamaño de los glóbulos es adecuado. La emulsión se conserva estable durante todo el tiempo que dura almacenada, pero cuando se pone en contacto con el material pétreo, la presencia de sales o de cargas eléctricas en la superficie de las partículas pétreas y sobre toda la evaporación del agua de la emulsión, hace que se rompa el equilibrio de ésta y que el asfalto se deposita en forma de película dejando agua libre.

Estas son las emulsiones de rompimiento rápido, que-

son las más usadas; sin embargo, puede lograrse que el rompimiento sea más lento si se utilizan agentes estabilizadores, tales como la resina de vinsol o locasefina, de esta manera se dispone de más tiempo para hacer las maniobras necesarias.

Las emulsiones asfálticas del tipo aniónico, tienen el inconveniente de presentar muy baja adherencia con los materiales pétreos ácidos, tales como los silicosos, - por las cargas de signo negativo que éstos tienen en la superficie de sus partículas.

Esta desventaja se evita con el uso de emulsión de tipo catiónica, ya que en éstas; los agentes emulsificantes hacen que la superficie de los glóbulos de asfalto tengan cargas positivas.

Además se diferencia de las aniónicas en que se mantienen en un medio ácido, con un PH inferior de 7 (en general de 5 a 6.5) y las aniónicas se mantienen en un medio alcalino de PH de 8 a 9.

Quando el material pétreo es de tipo calizo, no se presenta ningún inconveniente en cuanto a la adherencia, - pues la reacción química con el ácido de la emulsión - provoca cambios en las características de la superficie permitiendo una buena adherencia.

En estas emulsiones el rompimiento es debido a fenómenos físico-químicos y no a la evaporación del agua como sucede en las aniónicas.

Las emulsiones catiónicas presentan la gran ventaja de poderse usar con todo tipo de materiales pétreos, inclusive hasta con los altamente hidrófilos de poca afinidad con el asfalto y también con materiales con alto contenido de agua.

Las emulsiones catiónicas de rompimiento rápido pueden usarse en la construcción de carpeta por el sistema de riegos, y las de rompimiento más lento son recomendadas para mezclas elaboradas en plantas o en el lugar y

tambien en estabilización de suelos.

3.-Normas de calidad que deben satisfacer los productos asfálticos.

Para definir las diversas características de los productos asfálticos, se someten éstos a las siguientes pruebas de laboratorio:

- a) Pruebas de consistencia.
Prueba de penetración (111 + 6) (x)
Prueba de viscosidad (111 - 4)
Prueba de flotación (111 - 8)
- b) Destilación de asfaltos rebajados o residuales (111-5).
- c) Punto de ignición en cementos asfálticos rebajados - (111 - 3).
- d) Determinación del contenido de agua en asfaltos rebajados.
- e) Ductilidad de los cementos asfálticos y los residuos de la destilación de asfaltos rebajados, residuales- o emulsiones (111 - 10).
- f) Pérdida por calentamiento en cementos asfálticos --- (111-19).
- g) Prueba de olinesis o de la mancha.
- h) Prueba de solubilidad en tetracloruro de carbono.
- i) Prueba en emulsiones asfálticas (111 - 13), (111-14) 111 -15, 111 - 16, 111 - 17 y 111 - 18).
(x) Los numeros entre paréntesis indican los incisos de la parte novena de las Especificaciones Generales de Construcción donde se explica detalladamente la secuela que se sigue en las pruebas referidas.
- a) Los diversos tipos de productos asfálticos tienen -- consistencia que pueden variar desde la semisólida - hasta la líquida, teniéndose estas variaciones en un mismo producto, con solo cambiar las condiciones de temperatura y presión. Por lo tanto es de mucha importancia conocer las características de consistencia de los productos asfálticos y las condiciones --

climáticas predominantes en la fecha de pavimentación para poder elegir el más adecuado para la zona en que se ve a utilizar.

Si el producto es de consistencia semi-sólida, ésta se mide por medio de las pruebas de penetración; si es líquida, la consistencia se mide con la prueba de viscosidad, y si la consistencia es entre semi-sólida y líquida y no es posible efectuar ninguna de las dos pruebas anteriores, se recurre entonces a la de flotación.

Prueba de penetración.-Esta prueba consiste en medir la distancia que penetra en la muestra, una aguja de acero de dimensiones definidas, provistas de un vastago y un contrapeso (que en total pasan 100 gr). La muestra se mantiene a 25°C y la penetración se efectúa en 5 seg. y se mide en décimos de milímetros, que se denominan grados de penetración.

Es recomendable el uso del asfalto de menor dureza que de la estabilidad requerida en la carpeta, sobre todo en lugares de climas extremos, para evitar en lo posible la formación de grietas de las carpetas.

La prueba de viscosidad se efectúa en asfaltos rebajados de fraguado medio y rápido, en asfaltos residuales de fraguado lento y en emulsiones asfálticas.

Consiste en medir el tiempo en que se llena un matraz de 60 centímetros cúbicos con el producto asfáltico manteniéndolo en un tubo a una temperatura específica y haciéndolo fluir a través de un orificio de 3.15 mm. de diámetro y 12.22 mm. de longitud.

Cuando el material pétreo contiene una cantidad apreciable de material que pasa por la malla No. 200 se recomienda usar un rebajado de menor viscosidad que cuando los finos están en cantidades pequeñas.

Cuando el porcentaje de éstos, comprendido entre 7 y 14 deben usarse asfaltos de viscosidad menor de 300 segundos.

La prueba de flotación se acostumbra hacerla a los as--

faltos residuales de fraguado lento, en el residuo que se obtiene de la destilación. ;
Consiste en medir el tiempo en segundos en que el asfalto que llena un molde troncocónico sumergido en agua a una temperatura de 50°C, se reblandece hasta permitir el paso del agua.

El asfalto se coloca en el molde y se lleva a una temperatura de 5°C, en seguida se atornilla a un casquete esférico metálico y se pone a flotar en agua a la temperatura de prueba.

b) Prueba de destilación en asfaltos rebajados o residuales.

Esta prueba además de servir para saber si el producto cumple con los requisitos especificados, permite conocer el grado de volatilización del solvente que contiene, y obtener un residuo asfáltico al que se harán pruebas para definir su calidad.

La prueba consiste en colocar una cantidad conocida del producto asfáltico, en un matraz de destilación conectado a un condensador de vapores, y en aplicar temperaturas crecientes para que los solventes se evaporen y posteriormente se condensen y reciben en una probeta graduada. Los volúmenes de solventes destilados se miden a las siguientes temperaturas: 190, 225, 315 y 360°C y se expresan en porcentaje del volumen total destilado a la temperatura de 360°C.

Como la cantidad y el tipo de solvente usado en la mezcla influye notablemente en el tiempo en que se distribuye el producto en el material pétreo, y el tiempo de cuando se hacen las siguientes recomendaciones generales: Cuando la mezcla se va hacer en planta fija y el tendido se va a ejecutar con máquina terminadora (Finisher) es conveniente usar un FR-3 ó un FR-4 para que durante el mezclado y el transportado de la mezcla se pierda casi en su tota-

lidad los solventes.

Cuando la mezcla se va a hacer con mezcladora móvil o con motoconformadora (en el lugar), es útil emplear productos del tipo FR-2 y FR-3.

Cuando es el caso de carpetas hechas por el sistema de riegos y se desea que la consistencia varíe rápidamente para obtener una cementación adecuada del agregado pétreo que cubrirá el riego asfáltico, es de recomendarse el uso de rebajados del tipo FR-3 o FR-4.

Cuando por el contrario se requiere que la consistencia varíe lenta gradualmente, como es el caso de riegos de impregnación, lo adecuado será usar rebajados del tipo FM-1 y FM-2, que contienen mayor proporción de solventes de mediana volatilidad.

c) Punto de ignición en cementos asfálticos y asfaltos rebajados o residuales.

Esta es una prueba de seguridad que nos permite conocer la temperatura máxima a que puede calentarse, para lograr su trabajabilidad, un producto asfáltico, sin que se presente el peligro de incendio. Se recomienda que al llegar a temperaturas del orden de las del punto ignición encontrando en el laboratorio, se extremen las precauciones.

La prueba consiste en calentar el producto asfáltico en un recipiente cilíndrico (copa de Cleveland), haciendo pasar periódicamente una flama sobre el material mientras se va aumentando la temperatura.

La temperatura más baja a la que se empiezan a formar pequeñas flamas (motivadas por los solventes que se evaporan), es la del punto de ignición.

d) Determinación del contenido de agua en asfaltos rebajados.

Cuando el contenido de agua es de 2% aproximadamente, se produce espuma en cantidad excesiva, lo que es causa de grandes dificultades, por lo que esta prueba re

sulta de utilidad.

El aparato en que se efectúa esta prueba, es un matraz de destilación de 500 centímetros cúbicos al que se -- adapta una trampa graduada de 10 centímetros cúbicos - de capacidad. El calentamiento se prolonga durante una hora aproximadamente, tratándose de obtener de 2 a 5 - gotas de destilado por segundo. La cantidad de agua re cogida se expresa como porcentaje del volúmen de pro-- ducto asfáltico utilizado en la prueba.

e) Ductilidad de cementos asfálticos y residuales de - la destilación de asfaltos rebajados o emulsiones.

Esta prueba consiste en medir la distancia que pue- de estirarse una briqueta del cemento o residuo as- fáltico hasta que produce la rupetura. La briqueta- tiene en su parte más angosta una sección de 1 x 1- cm. y se coloca en el aparato de prueba, que posee- un baño de agua a temperatura de 25^oC y está previs to de un mecanismo que desaloja las mordazas que su jetan la briqueta a una velocidad constante de 5 -- cm/min.

La prueba de ductilidad sirve para conocer la canti dad del asfalto, pues se ha visto que los de menor- ductilidad tienen mejores propiedades cementantes y mayor adherencia con el agregado pétreo.

La ductilidad del asfalto varía con el grado de in- temperización alcanzado y disminuyendo con el tiem- po que dura la carpeta.

Los asfaltos de nuestro país sobrepasan con mucho - la longitud mínima especificada de 100 cm., por es- to no se efectúa esta prueba en forma rutinaria.

f) Pérdida por calentamiento en cemento asfáltico.

La prueba consiste en mantener en un horno a 163^oC. durante 5 horas, una muestra de 50 gramos de cemen- to asfáltico colocada en una cápsula de aluminio y- en determinar las pérdidas sufridas por volatiliza-

ción. El horno debe tener un dispositivo sobre el que se colocará la cápsula con el espécimen, girando a -- una velocidad de 6 revoluciones por minuto.

Los resultados de esta prueba, complementados con los de la penetración al residuo, solo pueden correlacionarse con las condiciones que el asfalto tiene, antes de mezclarlo con el agregado pétreo, pues el comportamiento que tiene al quedar en forma de película al -- efectuar la mezcla, es muy distinto al que tiene cuando está en masas comparativas mayores.

Se ha llegado a estimar que la oxidación producida -- por el calentamiento, es 4 veces menor que la que sufre en el camino, atribuyendo esto a que las carpetas están expuestas además a la acción de la luz y de la humedad.

g) Prueba de Olienesis o de la Mancha.

Esta prueba tiene por objeto conocer la homogeneidad del cemento asfáltico y determinar si el asfalto ha sufrido sobrecalentamiento durante su obtención.

El procedimiento de prueba consiste en multiplicar el peso de la muestra por 5.2 obteniéndose los milímetros de disolvente que han de añadirse al frasco que contiene dicho asfalto.

En seguida se agita para disolverlo ayudándose por medio de calentamiento hasta observar que el asfalto se ha disuelto por completo. Al cabo de un cierto tiempo (15 min) se dejan caer unas gotas en un papel filtro Whatman número 50 y transcurridos 5 min., se examina la mancha, si esta es uniformemente marrón, se considera el resultado negativo. Si la mancha tiene núcleo más oscuro, en el centro, el resultado es positivo.

Estas pruebas tienen la finalidad de comprobar las características de los productos asfálticos, con objeto de verificar si corresponden a las del tipo

de producto asfáltico, que haya sido escogido previamente en la fase constructiva de que se trate.

h) Prueba de solubilidad en tetracloruro de carbono, de cementos asfálticos o residuos de la destilación de asfaltos rebajados, residuales o emulsiones.

La solubilidad en tetracloruros de carbono nos da -- una indicación de pureza de la mayor parte de los materiales asfálticos de pavimentación, ya que el ce--mento asfáltico es casi completamente soluble en dicha substancia. El cemento asfáltico ya ha sido defi--nido en parte como una mezcla que completamente solu--ble en sulfuro de carbono, que no siendo inflamable--es casi tan efectivo.

El procedimiento de prueba consiste en tomar dos gramos de cemento asfáltico y disolverlos en 100 cms., - de tetracloruro de carbono, en seguida se mantendrá--en reposo' dos horas despues se conectará el matraz a la trampa de vacio se filtrará solución de asfalto - en tetracloruro de carbono a travez del crisol.

El material soluble en tetracloruro de carbono, se - expresará como porcentaje de la muestra de asfalto - utilizado para la prueba de acuerdo con la fórmula:

$$\frac{(P_i - P_t) - (P_2 - P_c)}{P_i - P_t}$$

P_i = Peso del matraz con asfalto (gm)

P_t = Peso del matraz (gm)

P_2 = Peso del crisol con material insoluble (gm)

P_c = Peso del crisol (gm)

i) Pruebas de emulsión asfáltica.

1.-Determinación del contenido de asfalto más emulsificante.

Se elimina el agua calentando la emulsión a no más - de 110°C y se pesa la muestra. Con esto queda deter--minado el contenido del asfalto y emulsificante, que se expresará en % del peso de la muestra original.

2.-Prueba de asentamiento.

Consiste en poner a reposar una muestra durante cinco días, evitando pérdidas por evaporación. A fin se determina el contenido del asfalto a dos porciones - extraídas, una de la parte superior de la probeta -- que contiene la muestra y otra de la parte inferior. La diferencia de los contenidos de asfalto en por--- ciento de la porción extraída, será el resultado de esta prueba, la cual sirve para saber si la emulsión puede resistir un almacenamiento prolongado.

3.-Prueba de demulsibilidad en emulsiones de tipo aniónico.

Se produce el rompimiento de la emulsión mientras és ta se agita con una varilla, con lo que se logra que el asfalto se coagule. Se lava el asfalto coagulado durante tres horas con agua a 160°C.

El resultado de la prueba se expresa en por ciento -- del peso del asfalto coagulado con respecto al contenido de asfalto que tenía originalmente la emulsión.

4.-Determinación del retenido en la malla No. 20.

Para efectuar esta prueba se necesita humedecer la - malla No. 20 con una solución de oleato de sodio en agua destilada al 2%, y en seguida se hace pasar una muestra de emulsión que no contenga espuma.

El retenido de la malla, expresado en por ciento del peso de la muestra original, será el resultado de la prueba, la cual se efectúa para saber si no hay grumos de asfalto coagulado, que pueden tapar las es--- preas de los distribuidores que esparcen a presión - los productos asfálticos.

5.-Prueba de micibilidad con cemento, en emulsiones, asfálticas de fraguado lento del tipo aniónico.

Con esta prueba se mide la resistencia de la emul--- sión a la coagulación provocada por la acción de --- electrolitos, deshidratación y fricción o mezcla con agregados finos.

Consiste en mezclar cierta cantidad de cemento portland cribado previamente por la malla No. 80, con la muestra de emulsión y agitar la mezcla con uan varilla durante- 4 minutos.

Despues de esto se pasa la mezcla por la malla No. 14 - enjuagando con agua limpia, hasta que pase por ella todo el material fino y la emulsión que no haya coagulado. El retenido se pesa y se expresa en porciento del peso- de la muestra original de emulsión. Ese será el resulta- do.

6.-Prueba de destilación.

Se usa para determinar el contenido de agua de la -- emulsión y para retener el residuo asfáltico para -- efectuar las pruebas de ductidad y penetración.

La prueba se efectúa en forma semejante a la corres- pondiente a los asfaltos rebajados.

La SOP exige que los diferentes productos asfálticos satisfagan las normas que ha establecido según las - pruebas a que se refieren, limites que por otra par- te distan mucho de poder considerarse como rígidos - debido a que casi todos, proceden de recomendaciones hechas por los mismos fabricantes.

Sin embargo son útiles como datos informativos, es-- tas especificaciones son las que aparecen en las ta- blas números 1, 2, 3, 4 y 5.

Tabla # 2

Especificaciones de calidad de los cementos asfálti- cos.

Concepto	Grado de cemento asfáltico			
	No. 3,	No. 6,	No. 7,	No. 8.

Punto de ignición (copa abierta de Cleveland)

°C.....	220 min.	230 min.	240 min.	260 min.
---------	----------	----------	----------	----------

Penetración, grados	180 - 200	80 - 100	60 - 70	40 - 50
---------------------	-----------	----------	---------	---------

Unto de fusión, °C.	37 - 43	45 - 52	48 - 56	52 - 60
---------------------	---------	---------	---------	---------

Ductilidad, cm.	100 min.	100 min.	100 min.	100 min.
Solubilidad en CL4				
%.....	99.5 min.	99.5 min.	99.5 min.	99.5 min.
Pérdida por calentamiento %	1.0 máx.	1.0 máx.	0.5 máx.	0.5 máx.

TABLA No. _____ CLASIFICACION DE SUELOS PARA SUB-RASANTES DEL HIGHWAY RESEARCH BOARD.

Clasificación General.	Materiales Granulares (35% o menos pasando No.200)						Materiales Limo-A. (Mas de 35% pasando			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6
Clasificación por grupos.	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			
Granulometría										
-No. 10	50-		51+							
-No. 40	30-	50-	10-	35-	35-	35-	35-	36+	36+	36+
-No.200	15-	25-								
Características de la fracción que pasa-malla 40.										
L.L.			N.F	40-	41+	40-	41+	40-	41+	40-
I.P.		6-	N.F.	10-	10-	11+	11+	10-	10-	11+
Indice de grupo. (XX).		0	0	0	4	4-		8-	12-	16-
Tipo de los constituyentes usuales.	Fragmentos de piedra, grava y arena, cementante po co plástico.		Arena si Fi na de de playa o dunas.	Grava y arena con limo o arcilla				Suelos	Limosos.	Suelo
								Suelo limo-so moderada	Igual que A-4 pero con mica-	Arcilla Mat.que sa mall-200>75%
								tico -200: 75+ suelo -limoso con-	o tierra--diatoma--cea.Muy -	arcilla

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE

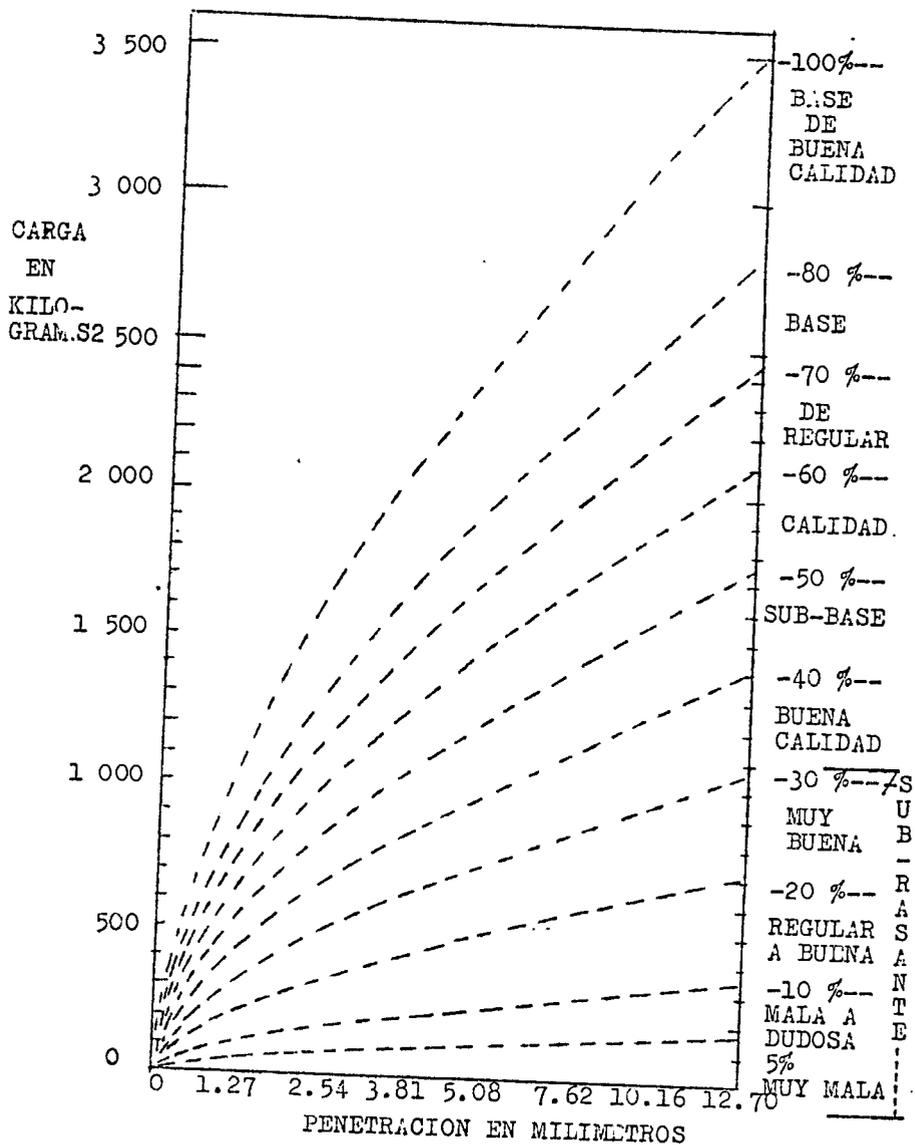


TABLA No. 2.-

Especificaciones de calidad de los cementos asfálticos.

C O N C E P T O.	Grado del cemento asfáltico.			
	No. 3	No. 6	No. 7	No. 8
Punto de ignición- (Copa abierta de - Cleveland) °C.....	220 min.	230 min	240 min	260 min
Penetración, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Punto de fusión, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductilidad, cm.	100 min.	100 min	100 min	100 min
Solubilidad en CCl ₄ %.....	99.5 min.	99.5 min	99.5 min	99.5 min.
Pérdida por calen.%	1.0 máx.	1.0 máx.	0.5 máx.	0.5 máx.

Especificaciones de calidad de los asfaltos resqueados de fraguado rápido.-

C O N C E C P T O.	Inciso de la Prueba	G R A D O D E L P R O D U C T O.				
		FR-0	Fr-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.						
Punto de ignición (copa abierta de Cleveland) °C.						
		-	-	35 min	35 min	35 min.
Viscosidad Saybolt - Furol.						
	A 25°C	75-150				
	A 50°C		75-150			
	A 60°C			100-200	250-500	
	A-82°C					125-250
Destilación- Porcentaje del destilado a 360 C.						
Hasta 190°C más de						
		15	10			
Hasta 225°C más de.....						
		55	50	40	25	8
Hasta 260°C más de.....						
		75	70	65	55	40
Hasta 315°C más de.....						
		90	88	87	83	80
Residuo de la destilación por ciento del volumen por diferencia mínimo.....						
		50	60	67	73	78
Pruebas en el residuo de la destilación.						
Penetración, grados.						
		80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad, en cm.mínimo.						
		100	100	100	100	100
Solubilidad en ccl ₄						
		99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA No. 4.

Especificaciones de calidad de los asfaltos rebajados de fraguado medio.

C O N C E P T O.	Prueba en Inciso.	G R A D O D E L P R O D U C T O.				
		FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.						
Punto de ignición mínimo (copa-abierta de Cleveland).....		38°C.	38°C	66°C.	66°C	66°C.
Viscosidad Saybolt-Furol:						
A 25°C, seg.....		75-150				
A 50°C, seg.....			75-150			
A 60°C, seg.....				100-200	250-500	
A 82°C, seg.....						125-250
Destilación: Porcentaje del total destilado a 360°C.						
Hasta 225°C.....		25 máx	20 máx	10 máx	5 máx.	0
Hasta 260°C.....		40-70	26-65	15-55	5-40	30 máx.
Hasta 315°C.....		75-93	79-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a --- 360°C. porcentaje del volumen -- por diferencia, (mínimo.....)		50	60	67	73	78
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.						
Penetración (grados)		120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en cm. (mínimo)		100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, porcentaje mínimo.....		99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA No.5.-

Especificaciones de calidad de los asfaltos rebejados de fraguado lento.-

C O N C E P T O.	Prueba en Inciso.	G R A D O D E L P R O D U C T O.				
		FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGIN'L.						
Punto de ignición mínimo (Copa-abierto Cleveland).....		66°C	66°C	80°C	93°C	107°C
Viscosidad Saybolt-Furol:		75-150	75-150	100-20	250-500	125-250
A 25°C, seg.....						
A 50°C, seg.....						
A 60°C, seg.....						
A 82°C, seg.....						
Destilación: Destilado total a--360°C, porciento en volumen.....		15-40	10-30	5-25	2-15	10 máx
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.						
Flotación a 50°C, seg.....		15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
Contenido de asfalto de 100° de--penetración (aproximado).		40 min.	50 min.	60 min.	70 min	75 min.
Ductilidad en centímetros (Min.)		100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de--carbono, porciento mínimo.....		99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

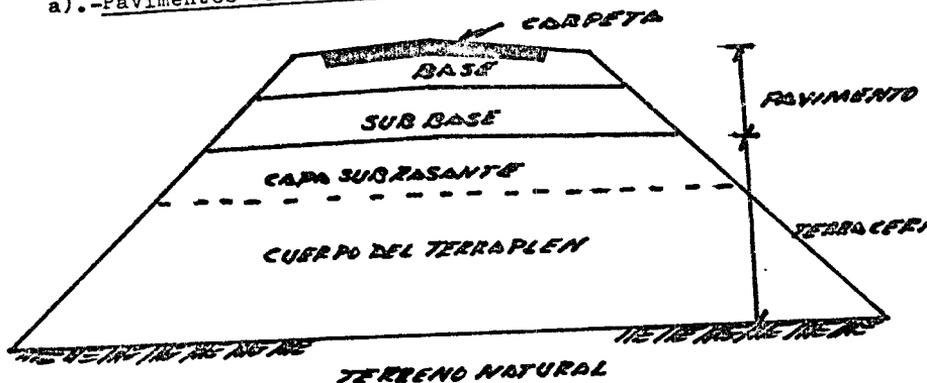
CAPITULO IV

Tipos básicos de pavimento.

Existen actualmente dos tipos básicos de pavimento:

Flexibles y Rígidos.

a). Pavimentos Flexibles.



Sección típica de un camino con pavimento flexible en terraplén.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base, la calidad de las capas es descendente hacia abajo. En la figura anterior se muestra un corte típico de pavimento flexible en terraplén. El diseño de pavimentos flexibles emplean el principio de que una carga de cualquier magnitud, puede disiparse con la profundidad a través de capas sucesivas de material, o sea que la intensidad de la carga disminuye en proporción geométrica al ser transmitida hacia abajo de la superficie, ya que se va repartiendo a una área mayor.

Por esa causa, los materiales con progresivamente menor calidad se emplean, conforme aumenta la profundidad. En resumen, la resistencia de estos pavimentos es el resultado de la ac-

ción conjunta del sistema de capas, de manera que en este caso el espesor del pavimento es afectado grandemente por la resistencia de la subrasante.

Enfatizando lo dicho anteriormente, al diseñar un pavimento flexible se debe ir analizando capa por capa, buscando que la resistencia de cada una sea compatible con el nivel de esfuerzos a que estará sometida, haciendo el análisis para toda la estructura del camino.

El definir generalmente al pavimento flexible como el conjunto de tres capas (Carpeta, Base y Sub-Base), no pasa de ser una costumbre, ya que por ejemplo, las diferencias entre base y sub-base es la calidad del material y en ocasiones se colocan capas subrasantes con calidad de sub-base o se pueden colocar dos o tres capas de sub-base de diferentes materiales etc. por lo que la definición dada es relativa y depende fundamentalmente, de la manera en que se trabaje y del caso en particular la definición del pavimento.

b).-Pavimento Rígido.



Sección típica de un camino con pavimento rígido en terraplén. Se mencionará en forma muy general y a manera de complemento, lo relativo a pavimentos rígidos. Estos están formados por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado (sub-base). Estos pavimentos son rígidos por las características estructurales de la losa de concreto, ya que ésta, a causa de su rigidez y alto módulo de elasticidad, tienden a repartir la carga sobre una área relativamente grande del terreno; así que la mayor parte de la capacidad estructural del camino lo da la losa por lo cual el factor principal considerado en el diseño de pavimentos rígidos es la resistencia del concreto, por esa razón variaciones pequeñas en la resistencia de la subrasante, tienen poca influencia en la capacidad estructural del camino. La capa de sub-base puede o no existir. Por lo que se ha visto, la diferencia fundamental entre los dos tipos de pavimentos es en la forma en que distribuyen la carga en las terracerías. Por lo que se ha visto, la diferencia fundamental entre los dos tipos de pavimentos es en la forma en que distribuyen la carga en las terracerías. En algunos casos los pavimentos rígidos tienen un recubrimiento bituminoso. El término rígido o flexible es relativo. Que tan flexible es un pavimento asfáltico o que tan rígido es un pavimento de diferentes tipos de carpetas asfálticas. Las carpetas asfálticas empleadas en los pavimentos flexibles se pueden clasificar así:

- a).-Tratamientos superficiales
 - { Simple o de riego.
 - { Doble o de dos riegos.
 - { Triple o de tres riegos.
- b).-Mezcla en el lugar
 - { Elaborada con Motoconformadora.
 - { Elaborada con mezcladora ambulante.
- c).-Mezcla en Planta.
 - { Dosificada por volúmen.

d).-Concreto asfáltico

Dosificado por peso en planta y
empleando cemento asfáltico y
agregados pétreos, ambos mez-
clados en caliente.

El tipo de carpeta a escoger dependerá del volúmen de tránsito y peso de los vehículos, que se supone van a circular sobre ella; para lo cual se han definido diversos criterios, -- siendo uno de ellos el siguiente:

En caminos cuyo tránsito es inferior a 600 vehículos pesados-diarrios de 3 toneladas de peso mínimo, se construyen carpetas asfálticas de tratamiento simple o de 1 riego.

En ciertos casos por condiciones climáticas, se utilizan carpetas de 2 riegos. Las carpetas de 3 riegos en la actualidad en México casi no se utilizan por tener aproximadamente un -- costo equivalente al de la carpeta del mismo espesor construí da por mezcla asfáltica, siendo esta de una calidad muy superior a cualquiera de las construídas por el sistema de riego. En caminos cuyo tránsito es de 500 a 1000 vehículos pesados -diarios, de 3 toneladas de peso mínimo, se construyen carpe--tas de mezcla asfáltica hecha con emulsiones o asfaltos rebajados y elaborada en el lugar en planta móvil, o en planta es tacionaria.

En caminos en que el tránsito esperado es superior a los 1000 vehículos diarios, se emplean carpetas de concreto asfáltico, formado por una mezcla de material pétreo de buena calidad y bien graduado con cemento asfáltico. Este tipo de carpetas -- es usado preferentemente en autopistas y aeropistas.

Concreto hidráulico es difícil de definir.

Por lo cual otra forma de hacer referencia al tipo de pavimento podría ser, pavimento de concreto hidráulico o pavimentos-asfálticos.

Funciones de las distintas capas de pavimentos flexibles.

Sub-base.

Una de las funciones principales de la sub-base es de carácter económico ya que se usa para disminuir el espesor del material de base (material más costoso). Su función desde el punto de -

vista estructural es similar a la base.

Otra función consiste en servir de transición entre el material de base generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante.

La sub-base, generalmente más fina que la base, actúa como elemento aislador de ésta, e impide su incrustación en la subrasante.

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Otra función de la sub-base es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería.

Base.

La base es un elemento fundamental desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

Las bases pueden estar constituidas en la forma siguiente:

- 1.-Con piedra triturada o grava de depósito de aluvión.
- 2.-Con materiales estabilizados con cemento portland, asfalto o cal.

- 3.-Por el procedimiento conocido con el nombre de macadam.

Desde el punto económico la base permite reducir el espesor de la carpeta que es más costosa.

Carpeta.

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además, debe ser una capa practica-

te impermeable, constituyendo una protección para la base. Cuando esta hecha de concreto asfáltico colabora a la resistencia estructural del pavimento..

Tramiento Superficial Simple.

Sobre la base de pavimento ya conformada, compactada, impregnada y seca se da un riego de producto asfáltico del tipo FR-3 a razón de 1.0 a 1.5 litros por metro cuadrado, e inmediatamente se cubre con material pétreo número 3A -- (clasificado entre las mallas de $3/8''$ a # 8) a razón de 8- a 10 litros por metro cuadrado; se rastrea para uniformarla superficie y se compacta con equipo liviano de 5 a 8 -- Ton. pudiendo abrirse al tránsito unos días después, debiendo barrerse de la superficie el material pétreo sobrante -- para evitar que vaya a ayudar a formar ondulaciones en la carpeta. Esta carpeta asfáltica es aconsejable para tránsito inferior a 200 vehículos por día.

En zonas de alta precipitación pluvial, conviene mejor colocar un tratamiento superficial doble como indica a continuación, para mayor eficiencia y duración del pavimento.

Tratamiento superficial doble.

Sobre la base de pavimento ya conformada, impregnada y seca, se da un riego de producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 1.0 a 1.5 litros por metro cuadrado e inmediatamente se cubre con material pétreo número 2 (clasificado entre las mallas de $1/2''$ y $1/4''$) a razón de unos 10 a 12 litros por metro cuadrado, se rastrea y se compacta con equipo liviano de 5 a 8 ton. de peso. Dos o tres días después se barre y se le da un nuevo riego de producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 1.0 a 1.5 litros por metro cuadrado y se cubre inmediatamente con material pétreo # 38 (clasificado entre las mallas de $1/4''$ y # 8), se rastrea para uniformar la superficie, y se compacta con equipo liviano de 5 a 8 ton. de peso. Tres días después puede abrirse el tránsito. Posteriormente debe retirarse el material pétreo sobrante. Este tipo de carpeta asfáltica es aconsejable para un tránsito

to inferior a 600 vehículos por día.

Tratamiento superficial triple.

La carpeta asfáltica formada por tres riegos se construye - de la siguiente manera:

Sobre la base de un pavimento, conformada, compactada, im--
pregnada y seca se da un riego de producto asfáltico del ti
po FR-3 a razón de 1.0 a 1.5 litros por metro cuadrado e in
mediatamente se cubre con material pétreo número 1 (clasifi
cado entre las mallas 1" y 1/2") a razón de 20 a 25 litros-
por metro cuadrado, se rastrea y se compacta con equipo li-
viano de 5 a 8 ton., de peso. Dos o tres días despues se ba
rre el material pétreo sobrante y se coloca una carpeta de-
dos riegos sobre ésta, quedando así terminada la carpeta de
tres riegos.

Esta carpeta asfáltica admite perfectamente bien los 1000 -
vehículos por día.

Mezcla en el lugar.

La mezcla asfáltica en el lugar o en el camino se lleva a -
cabo revolviendo los agregados pétreos con el producto as--
fáltico mediante el uso de motoconformadoras o empleando --
mezcladoras ambulantes. El procedimiento a seguir es el si-
guiente:

Estando la base formada, compactada, impregnada y seca, se-
acordonará el material pétreo (que con anterioridad haya si
do aprobado por un laboratorio por cumplir con las especifi
caciones de desgaste, granulometría, adherencia etc.) y des
pues se extenderá en una capa de espesor uniforme a lo lar-
go del camino y se daran riegos sucesivos de producto asfál
tico a razón de 3 a 4 litros por metro cuadrado hasta com--
pletar la cantidad determinada como óptimo por medio de ---
pruebas de laboratorio.

Despues de cada riego de producto asfáltico sobre el mate--
rial pétreo, se procederá a voltear éste con la motoconfor-
madora con el objeto de que se mezcle bien el producto as--
fáltico con el material pétreo. Al final del mezclado el ma

terial debe presentar un aspecto uniforme en cuanto granulometría y color. Al terminar el proceso del mezclado, se acordona el material a un lado, se da a la base un riego de liga de 0.5 litros por metro cuadrado de FR-3, inmediatamente se tiende la mezcla sobre el riego de liga, se conforma cuidadosamente y se le da una compactada ligera para acomodarla simplemente, despues de lo cual se deja pasar el tiempo necesario para que el producto asfáltico alcance la mayor parte de su fraguado procediendo despues a su compactación.

La pérdida de solventes necesaria para que la mezcla pueda ser empezada a compactar debe ser determinada por un laboratorio. Cuando se usen mezcladoras ambulantes, el material pétreo se acordonará a lo largo del camino para que pueda ser recogido por la mezcladora dentro de la cual se le adicionará, revolverá la cantidad de producto asfáltico necesario. Estando la mezcla bien revuelta en la máquina, se da a la base de riego de liga del orden de 0.5 litros FR-3 por metro cuadrado y se procede al tendido conformado y planchado como ya se indicó con anterioridad.

Mezcla en planta con dosificación por volúmen. Sella a cabo generalmente calentado el asfalto y muchas veces calentando también el agregado pétreo. Como la dosificación de los agregados se hacen por volúmen, no resulta una mezcla de alta calidad a no ser que su control sea extremadamente riguroso debido a la incertidumbre en la dosificación, estas mezclas resultan casi iguales a las elaboradas en el camino con mezcladoras ambulantes, por lo que su uso no se ha generado. Concretos asfálticos.

Los concretos asfálticos son mezclas elaboradas por peso en plantas estacionarias, calentando los agregados y empleando en su elaboración cementos asfálticos. Los concretos asfálticos, debido a la precisión de su dosificación resultan de alta calidad. El agregado pétreo para la mezcla es secado y calentado entre 133°C (275°F) y 177°C (350°F) en la planta antes de entrar en la mezcladora. Después de calentado, el ---

agregado se cribará en los tamaños especificados, que se depositarán en compartimientos para ser mezclados con el cemento-asfáltico.

Una vez calentados y separados los diversos tamaños de agregados, se procederá a pesarlos exactamente, proporcionando sus cantidades de acuerdo con lo anteriormente explicado, de manera que la mezcla resultante se ajuste a la granulometría especificada. El material pétreo dosificado se introduce en la mezcladora y a continuación se añade el cemento asfáltico para proceder al mezclado. El cemento asfáltico se calienta en pailas o tanques apropiados que produzcan calentamiento uniforme. No deberá calentarse a más de 177°C (350°F). La cantidad de cemento asfáltico la fija el laboratorio.

VARIABLES DE TRÁNSITO (CARGAS)

Para describir los efectos de las cargas, es conveniente transformar el tránsito mezclado a tránsito equivalente en función de un eje sencillo que produzca el mismo efecto, en cuanto a daño estructural.

El desarrollo del concepto de eje equivalente, se desarrolló en la prueba de carreteras AASHO., en la cual, por medio de un procedimiento muy elaborado, basado en evaluaciones por mucha gente, en muchos pavimentos con diferentes grados de desgaste. Los Ingenieros encargados de la prueba definieron la falla funcional del pavimento, en función de un número que reflejara la cualidad de rodamiento. Este número es el llamado índice de servicio actual "p" o calificación, y varía de 0 a 5. Un pavimento con un p de 5, estará en excelentes condiciones, mientras que si tienen un p de 0, es intransitable. Se encontró que un pavimento necesita reconstrucción cuando tiene un p de 2.5; por lo que la mayoría de los métodos de diseño de espesores, derivados de la prueba AASHO., se calculará la cantidad de tránsito que reducirá la calidad de rodamiento del pavimento para este índice de servicio (2.5). Una excepción se hace en el caso de carreteras con tránsito muy bajo en las que se fija un p 2.0 como criterio de diseño. Al hablar de comportamiento ampliaremos el concepto de índice de servicio actual. Mediante el uso de la información de las pruebas y tomando como carga de referencia el eje sencillo de 18000 lb. (8.2 ton.) los ingenieros se habilitaron para estimar con cuantas repeticiones del eje mencionado se reducirá el p de un pavimento dado a 2.5, ó en forma similar, cuantas pulgadas de estructura de pavimento, expresadas en términos de un cierto tipo de material se requiere para resistir un cierto número de repeticiones de un eje sencillo de 18000 lb. (8.2 ton.) de peso, antes de ser reducido a un p de 2.5. Esta es la base fundamental para las curvas de diseño.

El uso de repeticiones de un eje sencillo de 18000 lb. de peso se relaciona con el principio de cargas por ejes equivalentes. De los datos de la prueba AASHO., se establecieron relaciones-

en donde cualquier eje cargado puede ser expresado en términos del eje de 18000 lb. (8.2 ton.), de acuerdo a su efecto destructivo.

Por ejemplo para un índice de espesor (medida del espesor de la estructura del pavimento) de 2, y un p de 2.5, de acuerdo a la gráfica que se muestra, se observa que cada vez que pasa un eje sencillo de 6000 lb.; equivale a 0.165 de un eje de lb., en su efecto destructivo. Este coeficiente de daño se calcula de acuerdo a la gráfica mencionada y de la manera siguiente:

Se ocupan 1'000,000 de repeticiones de ejes de 6000 lb. se ocupan 16,000 de repeticiones de ejes de 18000 lb. entonces Km para el eje de 6000 lb.;

$$K = \frac{16,500}{1'000,000} = 0.0165$$

Así en un caso cualquiera, por ejemplo si en un análisis de tránsito se observa que pasaron un millar de ejes sencillos de 6000 lb., en un día en una carretera, esas pasadas equivalen a 16.5 pasadas de un eje de 18000 lb. (8.2 ton.), de la misma forma se calcularon los coeficientes para otras cargas.

Por lo tanto de los datos que revelan el tránsito promedio diario y la distribución de ejes pesados, el número total de pasadas de cada eje pesado, podrá convertirse a un número equivalente de pasadas de ejes de 18000 lb. Por consiguiente cualquier tránsito mezclado puede convertirse a tránsito equivalente en ejes de 18000 lb. (8.2 ton.).

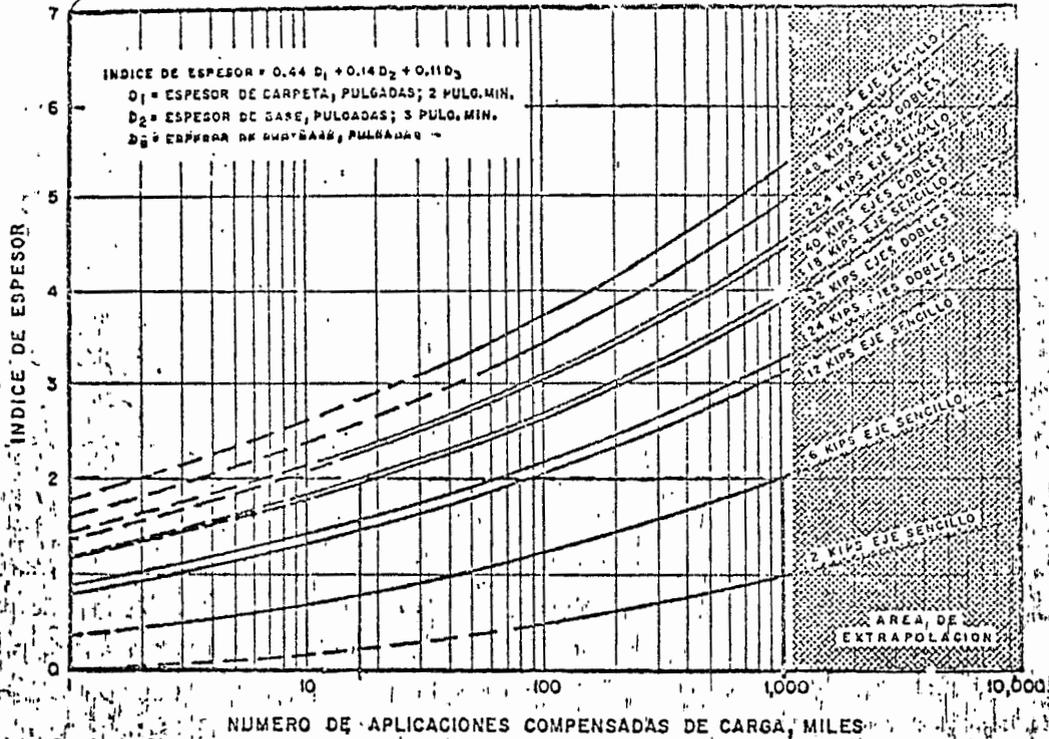
El conteo del tránsito, se hace usualmente con el tránsito total de las dos vías y para todos los carriles combinados. Así el caso de una carretera de dos carriles con el volumen de tránsito en cada dirección el tránsito de diseño será la mitad del tránsito total. Para carreteras de 4 carriles o más, debe estudiarse la distribución del tránsito en los distintos carriles y después de analizar esto el análisis de carga equivalentes se lleva a cabo en el carril en que para el tránsito más pesado.

Entre las observaciones que pueden destacarse, aún cuando sean lógicas están las siguientes:

- a).-Un cierto eje (gráfica # 1), digamos de 18000 lb., es más destructivo con ruedas sencillas, que con ruedas dobles.
- b).-Una misma carga es más destructiva cuando es soportada por un eje sencillo, que cuando es cargada en ejes en tandem.

Las cargas por rueda sencilla que eran la base para métodos de diseño antiguo, son raras veces consideradas en los métodos modernos, cuya base es tomar una carga soportada por un eje sencillo con ruedas dobles, como carga de referencia.

Entre los métodos modernos que se usa el criterio de tránsito equivalente en ejes de 18000 lb. (8.2 ton.), se encuentran el del Instituto del Asfalto, el del Instituto de Ingeniería, siendo estos procedimientos similares, cuyo principio básico es el mismo.



NUMERO DE APLICACIONES COMPENSADAS DE CARGA, MILES

Fig. 1. Relación entre el diseño, representado por el índice de espesor, y el número de aplicaciones compensadas de carga que reducen el índice de servicio actual del pavimento hasta un valor $p_s = 2.5$. Esta gráfica está limitada a las condiciones de pruebas en Ottawa, Illinois, E.U.A. Para tránsito mezclado, la Tabla 5 permite calcular el tránsito equivalente.

TABLA 5

FACTORES PARA DETERMINAR LA EQUIVALENCIA EN FUNCIÓN DE CARGAS DE 18 000 LIBRAS POR EJE SENCILLO, PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Adaptación basada en datos de la prueba AASHO

Carga total por eje, en miles de libras	COEFICIENTE	
	Eje sencillo	Eje doble
2	0.0002	—
4	0.0023	—
6	0.0100	—
8	0.033	—
10	0.090	0.01
12	0.19	0.013
14	0.36	0.027
16	0.63	0.050
18 ¹	1.0	0.080
20	1.5 ⁴	0.12
22	2.2 ⁴	0.19
24 ²	3.1 ⁴	0.26
26	4.2 ⁴	0.37
28	5.5 ⁴	0.50
30	7.2 ⁴	0.66

Carga total por eje, en miles de libras	COEFICIENTE	
	Eje sencillo	Eje doble
32 ³	9.2 ⁴	0.86
34	—	1.1
36	—	1.4
38	—	1.7
40	—	2.1
42	—	2.5
44	—	3.0
46	—	3.6
48	—	4.2
50	—	—

¹ Carga máxima legal para eje sencillo.

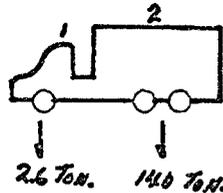
² Carga tipo H-15 (eje doble).

³ Carga tipo H-20 (eje doble).

⁴ Las cargas correspondientes no se autorizan para eje sencillo.

En México se han utilizado los coeficientes de daño de la prueba AASHO, los cuales se calculan por medio de la figura, o usando las fórmulas que aparecen al pie de dicha figura.

Para explicar como se utilizan estos coeficientes se hará el siguiente ejemplo:



El vehículo tiene un eje sencillo y un eje en tandem las flechas indican el peso de cada eje.

Se requiere saber a cuantos ejes equivalentes de 8.2 ton. (18000 lb) corresponde cada vez que pasa este vehículo.

Utilizando la fig. 2 ya sea la gráfica correspondiente o aplicando la fórmula, se tiene:

$$\text{efecto del eje 1.- } K = \frac{Ls}{8.2} = \frac{2.6}{8.2} = 0.1000$$

$$\text{efecto del eje 2.- } K = \frac{Lt}{15} = \frac{14.0}{15.0} = 0.7600$$

$$\text{efecto total del vehículo } 0.7700$$

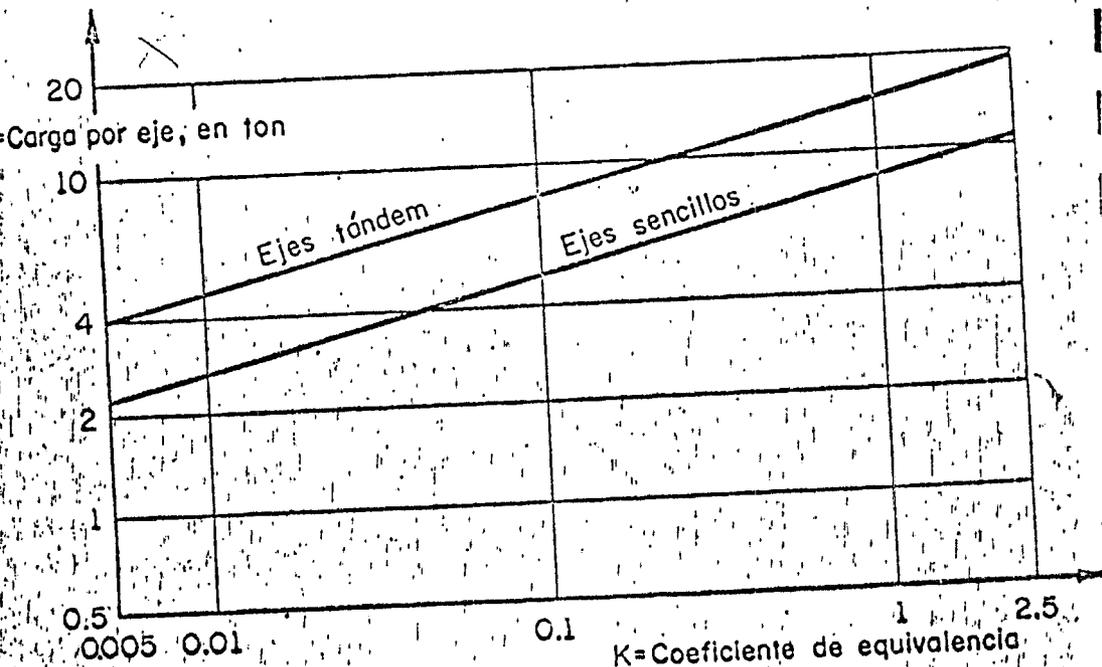
O sea que cada pasada de este vehículo con esos pesos en cada eje, equivalente a 0.77 ejes equivalentes de 8.2 ton.

Es conveniente aclarar que estos coeficientes de equivalencia varían con el espesor del pavimento (ver fig. 1) - sin embargo para motivos prácticos se consideran constantes para cualquier espesor, aunque en pavimentos muy gruesos, la diferencia es significativa.

En la fig. 3, se presentan los vehículos típicos que transitan en México, calculados en el Instituto de Ingeniería y aprovechando información de la SOP para cada vehículo - aparecen sus pesos tanto vacíos, como cargados así como sus respectivos coeficientes de equivalencia de daño, calculados en forma similar al ejemplo anterior.

En la fig. 4, presentan los vehículos típicos con sus respectivos coeficientes de daño por vehículo, así como una gráfica que nos sirve para calcular el tránsito total acumulado a lo largo de la vida de proyecto y de acuerdo a la tasa de crecimiento anual, esta gráfica se explicará con un ejemplo.

Teniendo un camino con el tránsito mezclado inicial que se presenta a continuación, se quiere saber previendo un crecimiento de 15% anual.



K = Coeficiente de equivalencia

$$K_{\text{tándem}} = \left(\frac{L_T}{15}\right)^4$$

$$K_{\text{sencillo}} = \left(\frac{L_S}{8.2}\right)^4$$

L_S Carga por eje sencillo, en ton

L_T Carga por eje tándem, en ton

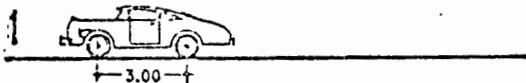
Para igualdad de daño $L_T = 1.8 L_S$

NOTA

K_v = Coeficiente de equivalencia para el vehiculo vacio.

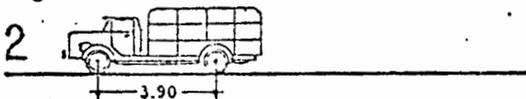
K_c = Coeficiente de equivalencia para el vehiculo cargado.

A_p



$\frac{W}{L}$	W_{VAC}	K_v	W_{CARG}	K_c
1	0.9	0.0001	1.0	0.0002
2	0.9	0.0001	1.0	0.0002
3	—	—	—	—
Σ	1.8	0.0002	2.0	0.0004

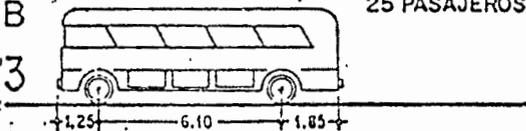
A_c



CARGA=2.5 ton

1	1.2	0.0005	1.6	0.0014
2	1.2	0.0005	3.3	0.0260
3	—	—	—	—
Σ	2.4	0.0010	4.9	0.0274

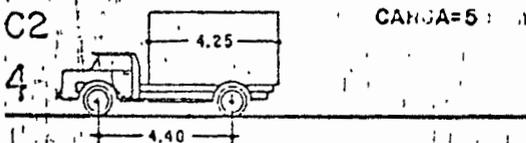
B



25 PASAJEROS

1	3.0	0.0180	4.2	0.0690
2	7.0	0.5310	8.3	1.0500
3	—	—	—	—
Σ	10.0	0.5490	12.5	1.1190

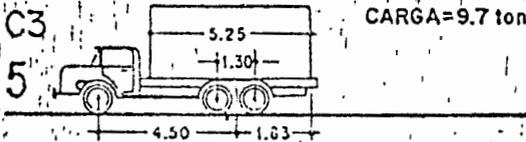
C2



CARGA=5

1	1.5	0.0011	2.5	0.0086
2	2.7	0.0118	6.8	0.4730
3	—	—	—	—
Σ	4.2	0.0129	9.3	0.4816

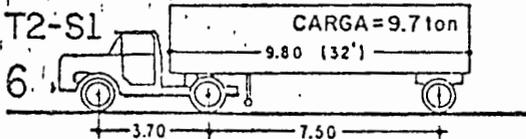
C3



CARGA=9.7 ton

1	1.7	0.0018	2.6	0.0100
2	5.2	0.0144	14.0	0.7600
3	—	—	—	—
Σ	6.9	0.0162	16.6	0.7700

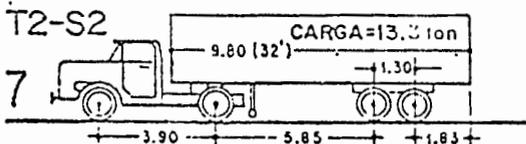
T2-S1



CARGA=9.7 ton

1	2.5	0.0085	3.0	0.0180
2	3.6	0.0370	8.0	0.9059
3	3.0	0.0180	7.8	0.8186
Σ	9.1	0.0635	18.8	1.7425

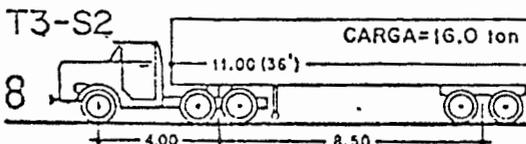
T2-S2



CARGA=13.3 ton

1	3.5	0.0331	4.0	0.0560
2	4.0	0.0560	8.5	1.1600
3	3.8	0.0100	12.1	0.4300
Σ	11.3	0.0991	24.6	1.6460

T3-S2



CARGA=16.0 ton

1	3.5	0.0331	3.9	0.0510
2	5.4	0.0168	13.0	0.5640
3	5.0	0.0124	13.0	0.5640
Σ	13.9	0.0623	29.9	1.1790

200000

C

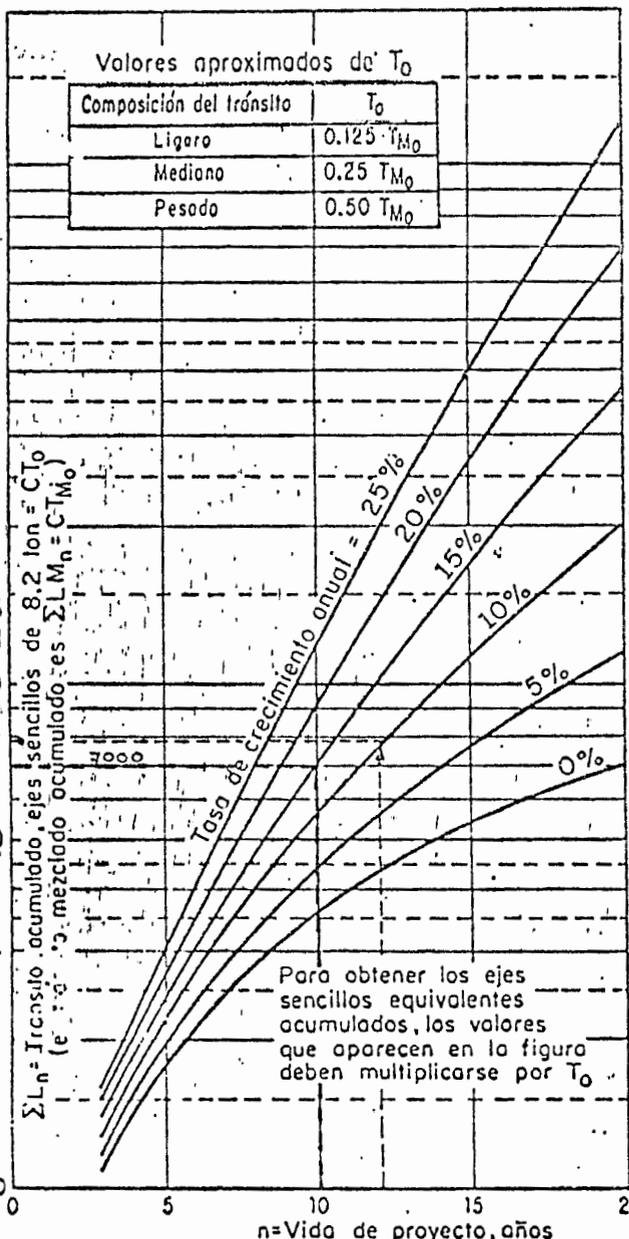
100000

50000

10000

5000

1000



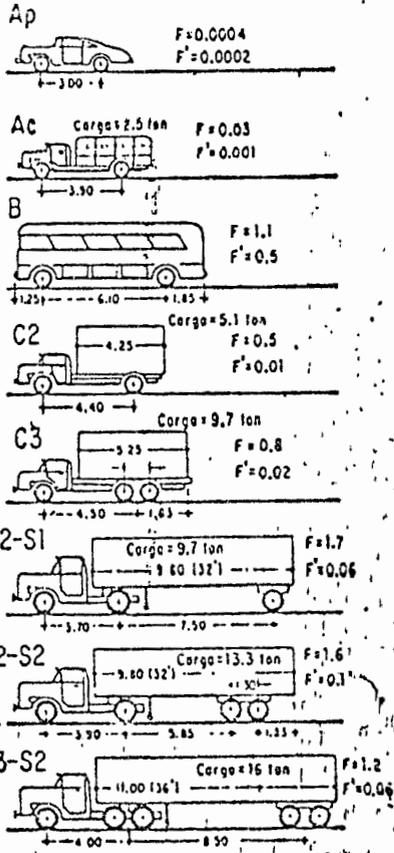
$\Sigma L_n =$ Tránsito acumulado, ejes sencillos de 8.2 ton = $C \cdot T_0$
 (e.g. $\Sigma L_n = C \cdot T_{M0}$)

Tasa de crecimiento anual = 25%
 20%
 15%
 10%
 5%
 0%

Para obtener los ejes sencillos acumulados, los valores que aparecen en la figura deben multiplicarse por T_0 .

$$T_0 = \sum N_i F_i + \sum N'_i F'_i$$

$$\Sigma L_n = 365 T_0 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1}$$



T_0 = Tránsito medio diario por carril en el primer año de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton
 T_{M0} = Tránsito mezclado medio diario por carril en el primer año de servicio, vehículos
 ΣL_n = Tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes equivalentes de 8.2 ton por carril
 N_i, N'_i = Promedio diario por carril de vehículos tipo i (cargados o descargados, respectivamente) durante el primer año de servicio
 F_i, F'_i = Coeficiente de daño relativo producido por cada viaje del vehículo i (cargado o vacío, respectivamente) ejes equivalentes de 8.2 ton
 n = Vida de proyecto, años
 r = Tasa de crecimiento anual del tránsito mezclado

Fig. 4. Gráfica para estimar el tránsito equivalente, en función del tránsito mezclado inicial (Refs. 1, 2S), fig. 3

y una vida de proyecto de 10 años cuál será el tránsito acumulado en ejes equivalentes de 8.2 ton. (18000 lb), al final de la vida de proyecto.

Procedimiento del Instituto de Ingeniería.

El análisis puede hacerse en dos formas, la primera y por motivos prácticos la más recomendable por ser más rápida es -- utilizar la fig. 4, y tomar los coeficientes de daño por vehículo en forma directa sin analizar eje por eje.

Entonces de acuerdo a lo anterior y utilizando los factores en la fig. 4, en la tabla siguiente se presenta el análisis y se ve que los 1000 vehículos del tránsito mezclado equivalente a 447 ejes equivalentes de 8.2 ton. (18000 lb).

Tipo de vehículo Distribución Tránsito Coef.de daño Ejes de 8.2ton

Ap	Vacios	- - -	- - - -	- - - -
	Cargados	275	0.0004	0.110
Ac	Vacios	88	0.001	0.088
	Cargados	38	0.03	1.140
B	Vacios	- - -	- - - -	- - - -
	Cargados	105	1.1	115.50
C2	Vacios	82	0.01	0.82
	Cargados	140	0.5	70.00
C3	Vacios	22	0.02	0.44
	Cargados	85	0.8	68.0
T2S1	Vacios	5	0.06	0.30
	Cargados	20	1.7	34.00
T2S1	Vacios	15	0.1	1.50
	Cargados	55	1.6	88.00
T3S2	Vacios	15	0.06	0.90
	Cargados	55	1.2	66.08
	Total =	1000		Total = 446.8

Para calcular el tránsito acumulado en la vida de proyecto, se usa la siguiente fórmula:

$$LN = 365 \sum_{j=1}^n T_j (1+r)^{j-1}$$

siendo:

n = vida de proyecto en años

r = tasa de crecimiento anual del tránsito

To = Tránsito inicial en ejes equivalentes de 8.2

Ton. (en nuestro caso es 447)

La gráfica de la izquierda nos resuelve la parte de la fórmula $C = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1}$ o sea que entrando a la gráfica con n = 10 y r = 5 encontramos que C = 7000 o sea -- que el tránsito acumulado en los 10 años de vida del camino es:

$$\sum_{j=1}^n Ln = C \cdot To = 7000 \times 447 = 3'129,000$$

El tránsito total acumulado = 3'129,000 ejes de 8.2 ton.

El otro procedimiento consiste en, usando la fig. 2, ir calculando eje por eje su equivalencia, tal como se --- muestra en la siguiente tabla; este procedimiento es más laborioso y más tardado; sin embargo es el más indicado cuando se contabilizan vehículos que no entran dentro -- de los tipos presentados en la fig. 3, como es el caso de los nuevos autobuses de pasajeros que vienen equipados con ejes en tandem en lugar de ejes sencillos.

En el caso de este ejemplo, al resolverlo por este procedimiento el resultado fué de 446 ejes en lugar de 447 que es practicamente lo mismo. Para calcular el tránsito acumulado se sigue la misma secuela del anterior, -- siendo en este caso:

$$\sum_{j=1}^n Ln = 7000 \times 446 = 3'122,000$$

Por razones prácticas $3'122,000 = 3'129,000$

Método de Diseño de Espesores de Pavimento Asfáltico del Instituto del Asfalto.

Este método considera como factores principales en el diseño de una Estructura de pavimento asfáltico los siguientes:

- 1.-Condiciones de tránsito durante el período del diseño
- 2.-Terracerías y materiales de construcción disponibles.
- 3.-Otros requisitos de diseño para cada caso en particular.

El procedimiento se basa en análisis de datos de la prueba de carreteras AASHO, prueba de carreteras WASHO, ---- pruebas de carreteras Inglesas y en experiencias en diversas agencias y Estados de la Unión Americana.

Análisis del tránsito.

Este método calcula el tránsito, en función de ejes equivalentes de 18000 lb. (8.2 ton.).

Hay dos formas de calcular el tránsito, utilizando el procedimiento detallado, o sea analizando vehículo, eje por eje.

El otro procedimiento trata de ahorrar tiempo de cálculo y esta basado en la experiencia y los datos de tránsito de los Estados Unidos, a continuación se presenta este último método para el cual se empezará con unas definiciones.

Carril de Diseño: Carril donde se espera que pase el mayor número de ejes equivalentes de 18000 lb., el cual es generalmente el carril de "Afuera" en carreteras de varios carriles.

Período de Diseño: Número de años que el pavimento dará servicio antes de la primera sobrecarpeta, no confundirlo con la veda del pavimento ya que esta puede extenderse independientemente por medio de reconstrucción (sobre carpeta).

Número de tránsito de diseño (NTD): El número promedio diario ejes equivalentes de 18000 lb. estimado para el -

carril de diseño durante el período de diseño, este es el parámetro de tránsito que se emplea en las gráficas de diseño de espesores.

Tránsito diario inicial (TDI): El número promedio diario de vehículos esperado para usar la carretera en las dos direcciones durante el primer año de servicio del pavimento.

Número de tránsito inicial (NTI): El número promedio diario de ejes equivalentes de 18000 lb., esperado en el carril de diseño, durante el primer año de servicio del pavimento.

El tránsito se clasifica, según las condiciones siguientes:

Ligero: cuando el $NTD < 10$

Medio: cuando el $10 < NTD < 100$

Pesado: cuando el $NTD > 100$

Determinación del número de tránsito de diseño.

A continuación, se presenta el procedimiento separándolo por pasos, para una mayor claridad.

- 1.-Se estima el número promedio diario de vehículos esperado durante el primer día de servicio de camino (TDI)
- 2.-Se estima el porcentaje de vehículos pesados, "A" de acuerdo con la tabla 1.
- 3.-Se determina el porcentaje de vehículos pesados "B", en el carril de diseño, de acuerdo con la tabla 2.
- 4.-Calculese el número promedio diario de camiones pesados esperados en el carril de diseño de una dirección, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\text{Número de camiones pesados: } TDI \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100}$$

- 5.-Calcule el peso promedio de los camiones pesados de los datos de tránsito (o usando la tabla 1).

Tabla # 1

Rangos estimados en porcentaje de camiones y de pesos promedio en los Estados Unidos.

Descripción de la carretera o calle	Porcentaje de vehículos pesados.	Pesos máximos Promedio (1000 Lb.).
Calles de Ciudad	5 ó menos	15 - 25
Carreteras Urbanas.		
Principales	5 - 15	20 - 30
Interestatales	5 - 10	35 - 45
Rurales	15 ó menos	15 - 25
Carreteras Interurbanas.		
Principales	5 - 20	30 - 40
Interestatales	10 - 25	35 - 45
1.-Condiciones promedio para Estados Unidos unicamente para otros países se requieren consideraciones especiales.		

Tabla # 2

Número de carriles de tránsito (dos direcciones)	Porcentaje de Camiones en el Carril de Diseño
2	50
4	45 (35 - 48)'
6 ó más	40 (25 - 48)'

1.-Rango probable.

6.-Se determina la carga legal límite por eje sencillo para región en donde se construirá el pavimento.

7.-Con la información anterior y con la gráfica de análisis de tránsito, fig. 1 se calcula el número de tránsito inicial (NTI) de acuerdo a lo siguiente:

a).-Se entra a la gráfica con el peso promedio por camión y se fija el punto en la escala D.

b).-Se localiza en la escala C el punto correspondiente al nú

mero promedio diario de camiones pesados.

- c).-Se unen los puntos de las escalas C y D (localizados - en los pasos a y b), con una recta, que se prolonga -- hasta interceptar la escala B, este último punto es pi vote.
- d).-Se localiza en la escala E, el punto correspondiente a la carga legal límite por eje sencillo.
- e).-Se une el punto de la escala E, con el punto pivote de B, con una recta que se prolonga hasta interceptar la- escala A.
- f).-Se lee el NTI en la escala A, en el punto de intercep- ción determinado en el paso e..

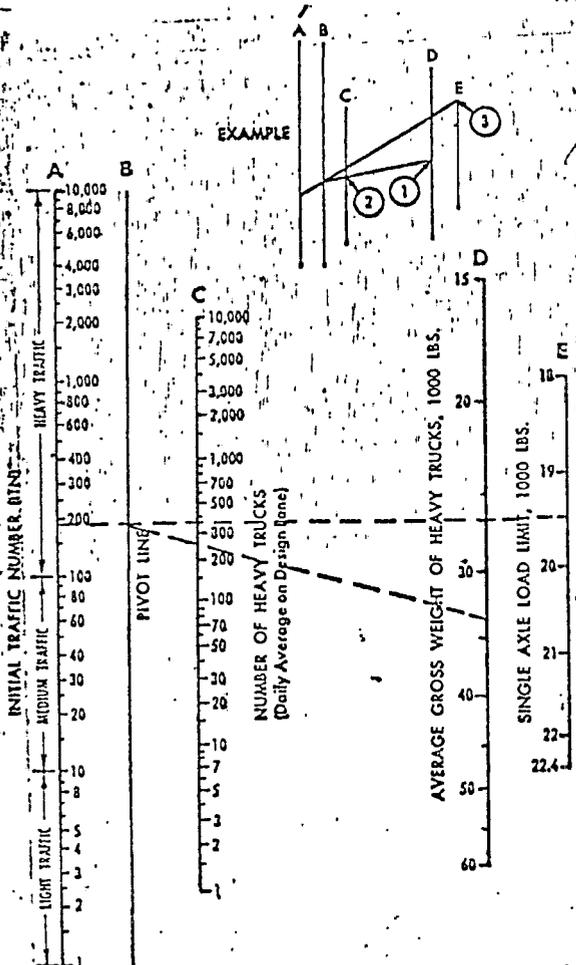
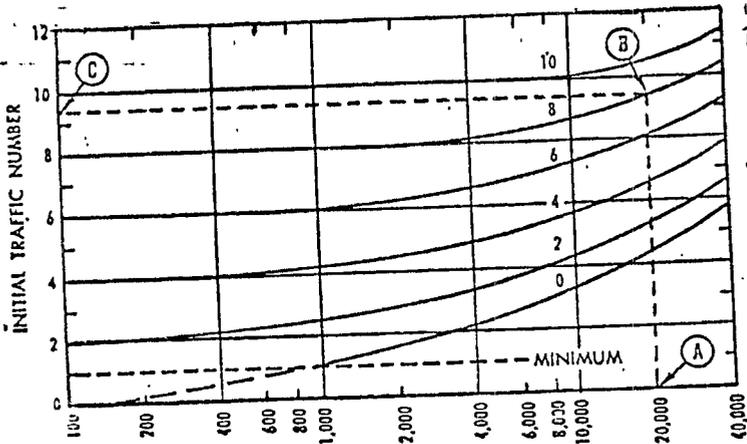


Figure 1.
Traffic analysis chart

The value may require correction where the IDT of automobiles light trucks is relatively high.

- 8.-Cuando el NTI es 10 ó menor y cuando se espera un número diario de automóviles o vehículos ligeros muy grande, se hace una corrección al NTI, de la manera siguiente:
- a).-Se utiliza la figura 2, marcando en la escala horizontal, el punto correspondiente al volumen diario de automóviles y vehículos ligeros en el carril de diseño.
 - b).-Del punto localizado en el paso a), se levanta una vertical hasta interceptar a la curva correspondiente al NTI, calculado en el paso 7.
 - c).-Del punto de intercepción anterior se traza una horizontal hasta la escala del NTI, en donde se lee el valor correspondiente al NTI corregido.
- 9.-Se establece el período de diseño (normalmente 20 años las gráficas de diseño de espesores que proporciona el Instituto del Asfalto vienen calculados para períodos de diseño de 20 años).
- 10.-Se estima el crecimiento anual del tránsito (en E.U.; 3 a 6%).
- 11.-Para el período de diseño y la tasa de crecimiento anual, se calcula el factor de ajustes de NTI, por medio de la fórmula siguiente:
- $$\text{Factor} = \frac{(1 + r)^n}{r}$$
- 20 r n = número de años del período de diseño.
- 12.-Se multiplica el NTI (obtenido de 7 u 8), por el factor de ajuste, para obtener el NTD (número de tránsito de diseño) que utiliza en las gráficas de diseño de espesores.



DAILY VOLUME OF AUTOMOBILES AND LIGHT TRUCKS IN DESIGN LANE
 ESCALA PARA AJUSTAR EL NTD POR VOLUMEN DISEÑO DE AUT. Y VEH. LK.

Ejemplo: Se quiere proyectar una carretera de dos carriles con un tránsito diario inicial (TDI) = 1000 vehículos, un crecimiento anual del tránsito de 10%, la carga legal límite por eje sencillo es de 19,500 lb. (9 ton.). Se quiere encontrar el NTD para un período de diseño de 20 años.

De acuerdo al análisis de tránsito, considerado para el carril de diseño el 50% del tránsito total, se espera 259 -- vehículos pesados en el carril de diseño y un peso promedio de estos vehículos de 34,000 lb., con estos datos hemos cubierto hasta el paso 6) de la secuela de cálculo, -- continuaremos con el paso 7).

7).-En la gráfica de análisis de tránsito se localiza en la escala C el punto correspondiente a 259 vehículos pesados y en la D el correspondiente a 34,000 lb. A -- continuación se unen esos dos puntos con una recta, la que se prolonga hasta la escala B, donde se localiza el punto pivote. En seguida, se localiza en la escala E, el punto correspondiente a 19,500 lb., uniéndolo este punto con el pivote, con una recta la que se prolonga--

hasta la escala A, se lee el NTI de 180.

8.-Como el NTI 10, no requiere corrección por automóviles o vehículos ligeros.

9.-Período de diseño = 20 años.

10.-Crecimiento anual esperado = 10%.

11.-Factor de ajuste del NTI.

$$\text{Factor} = \frac{(1 + 0.10)}{20 \times 0.10} = 2.86$$

12.-El número de tránsito de diseño será: $\text{NTD} = 180 \times 2.86 = 515$.

Comparando los dos procedimientos para $n = 20$ años y $r = 10\%$

El tránsito acumulado es:

Análisis detallado = $C \times T_0 = 20,000 \times 220 = 4,420,000$ ejes de 18,000.

Análisis rápido = $515 \times 20 \times 365 = 3,760,000$ ejes de 18,000

La diferencia de debe a la diferencia de presión de cada -- procedimiento para carril de diseño.

Tipo de vehículo	Distribución del tránsito	Peso por vehículo Ton.	Peso por vehículo LB.	vehículos Ma-- yores de 15000 lb.	A x B	
Ap	Vacios					
	Cargados	275	2.0	4400		
Ac	Vacios	88	2.4	5290		
	Cargados	38	4.9	10790		
B	Vacios					
	Cargados	105	12.5	27530	105	2'890650
C2	Vacios	82	4.2	9250		
	Cargados	140	9.3	20480	140	2'867200
C3	Vacios	22	6.9	15200	22	334400
	Cargados	85	16.6	36560	85	3'107600
T2S1	Vacios	5	9.1	20040	5	100200
	Cargados	20	18.8	41410	20	828200
T2S2	Vacios	15	11.3	24890	15	373350
	Cargados	55	24.6	54190	55	2'980450
T3S1	Vacios	15	13.9	30620	15	459300
	Cargados	55	29.9	65860	55	3'622300

$$= 517 = 17'563650 \text{ lb.}$$

$$\text{Número de vehículos pesados en el carril de diseño} = \frac{517}{2} = 259$$

$$\text{Peso promedio de vehículos pesados} = \frac{17'563,650}{517} = 33972 \times 34000$$

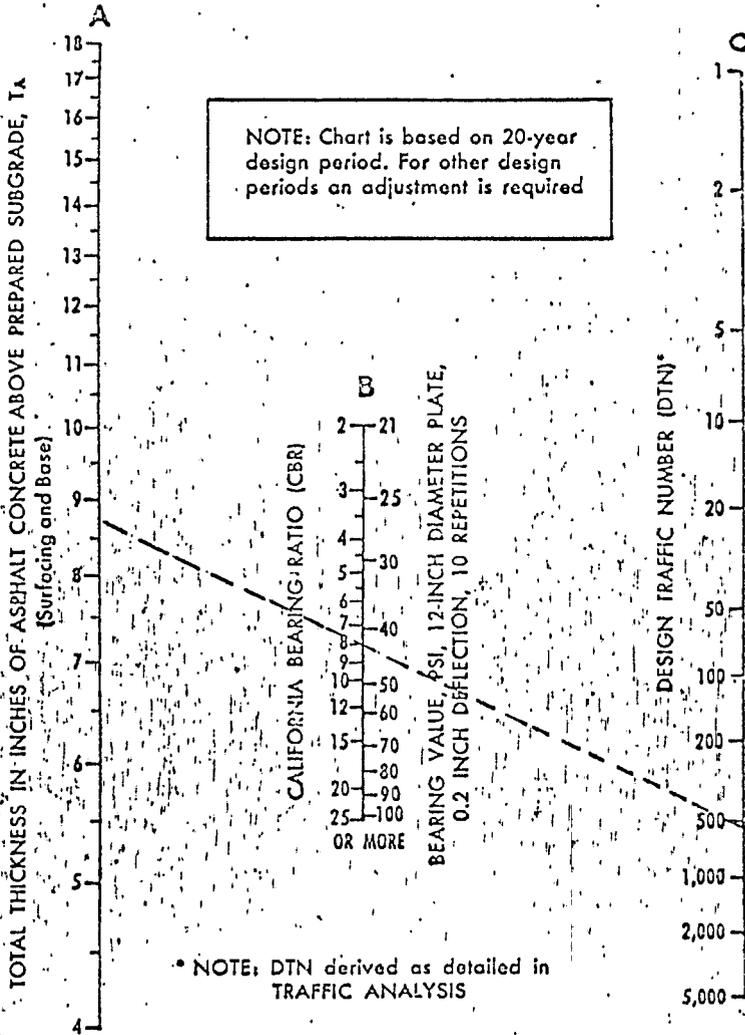


Figure 3. Thickness design nomograph for asphalt pavement structures using subgrade soil CBR or plate bearing values

TABLE 3. MINIMUM RECOMMENDED DESIGN THICKNESS, T_a

Traffic	DTN	Minimum T_a
Light	Less than 10	4 in.
Medium	10 - 100	5
Heavy	100 - 1000	6
	More than 1000	7

Diseño de espesores.

Para el ejemplo, consideramos como prueba de diseño la de valor relativo de soporte, y que se tiene como terracerías una arcilla limosa con poca arena, cuyo valor de diseño siguiendo el procedimiento del Instituto del Asfalto da un valor de 8.

Para el diseño de espesores, utilizamos el monograma de la fig. 3 en la que se utiliza como parámetro de resistencia el VRS o el valor soporte.

Localizando el punto de valor 515 en la escala C y el de 8 en la B. A continuación se unen esos dos puntos con una recta, la que se prolonga hasta la escala A, donde se lee el espesor requerido de concreto asfáltico encima del material cuya resistencia es 8, dicho espesor, es aproximado a la media pulgada más próxima es 9.

Por lo tanto, para las condiciones establecidas, se requiere una estructura de concreto asfáltico de 9".

En la tabla # 3 se presentan los espesores mínimos de concreto asfáltico que se recomienda para cada magnitud de tránsito.

Bases asfálticas que no son concreto asfáltico.

El método del diseño supone que toda la estructura del pavimento será de concreto asfáltico (alta calidad, bien compactado etc.). Sin embargo cuando por alguna razón (economía, características deseables de resistencia al derrapamiento etc.), o para aprovechar materiales disponibles localmente, pueden utilizarse otros tipos de bases asfálticas aún cuando estas bases no tengan la calidad estructural de concreto asfáltico, por lo que el espesor del pavimento debe ser mayor, sin excluir un cierto espesor mínimo de concreto asfáltico para proteger el camino del efecto del tránsito. El espesor total requerido de pavimento asfáltico se calcula con la fórmula siguiente:

$$T = T_s + (T_a - T_s)f$$

Siendo:

T = espesor total requerido de pavimento asfáltico.

Ta= espesor total requerido de carpeta y base de concreto asfáltico.

Ts= espesor total requerido de carpeta de concreto asfáltico.

f = factor que depende del tipo de base asfáltica utilizada.

El término $(T_a - T_s) f$, es el espesor mínimo requerido de base asfáltica, los valores de Ts y f, y se muestran en la tabla # 4.

Tabla # 4

Factores de espesor y requisitos mínimos de carpeta para bases asfálticas mezcladas en planta.

Factor de Espesores Mínimo de carpeta Ts de Base asfáltica concreto asfáltico.

Base asfáltica	Espesor,	f	NTD 10	NTD 100	NTD 100
Concreto asfáltico	1.0	0	0	0	0
Arena asfalto mezclada en caliente	1.3	2	3	4	4
Agregado de alta calidad bien graduado y controlado pero mezclado con asfalto rebajado o emulsión.	1.4	2	3	4	4
Otras mezclas usando asfaltos rebajados o emulsiones	T 1.4	3	4	5	5

Explicaremos el procedimiento, continuando nuestro ejemplo en el cual tenemos $T_a=9'$ NTD = 515 y suponiendo que vamos a utilizar como base una arena asfalto mezclada en caliente entonces, de acuerdo a la tabla # 4, tenemos:

$$T = 4 + (9 - 4) 1.3 = 10.5''.$$

Por lo tanto otra alternativa para el pavimento en estudio es usar una carpeta de concreto asfáltico de 4" y -- una base de arena asfalto de 6.5".

Bases granulares sin tratar.

El método no recomienda directamente el empleo de bases granulares sin tratar, sin embargo cuando se tienen que usar, recomienda que no se sustituya todo el espesor de concreto asfáltico.

El máximo espesor que puede sustituirse, depende del espesor mínimo requerido de concreto asfáltico que se requiere para soportar los efectos del tránsito. La fig. 4 se usa para establecer el espesor mínimo en función del volúmen del tránsito (NTD) y de las propiedades de resistencia de la base granular. Asi mismo en la tabla # 5 muestran los requisitos de calidad que debe cumplir esas bases.

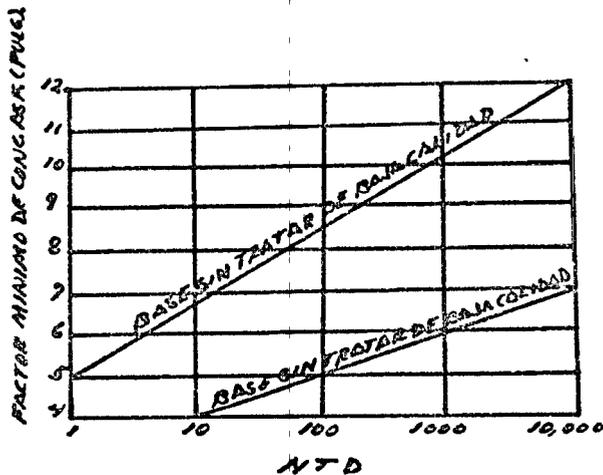


Fig. 4 Espesor mínimo de concreto asfáltico sobre bases granulares sin tratar.

Tabla # 5

Requisitos de material para base.

Prueba	Baja Calidad	Alta calidad
CBR. Min.	20	100

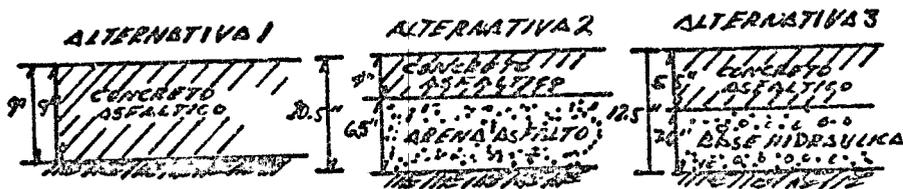
Prueba	Baja Calidad	Alta calidad
valor R Min.	55	80
LL máx.	25	25
IP máx.	6	NP
EA min.	25	50
Pase # 200 máx.	12	7

Relaciones de sustitución.

2 pulgadas de material de alta calidad de base sin tratar - por cada pulg. de concreto asfáltico.

Continuando nuestro ejemplo , se supondrá que se usará base hidráulica de buena calidad, entonces, trabajando con la -- fig. 4 para un NTD de 515, vemos que se tienen que dejar -- 5.5 pulg. de concreto asfáltico como mínimo pudiendo sustituir 3.5 pulg. de espesor por base sin tratar, por lo tanto otra alternativa para el pavimento en estudio de usar carpe ta de concreto asfáltico de 5.5" y una base hidráulica de - 7".

De acuerdo con lo visto, se tienen por este método tres alternativas de diseño, las que se presentan a continuación:



LA ELECCION ESTARA EN FUNCION PRINCIPALMENTE DEL FACTOR ECONOMICO.

Construcción por etapas.

La construcción por etapas consiste en la construcción de - carreteras y calles , aplicando capas sucesivas de concreto asfáltico de acuerdo con el diseño y siguiendo un calenda-- rio predeterminado. Las ventajas de este tipo de construc-- ción influye el mejoramiento del comportamiento del pavimen-- to, la oportunidad de ajustar el análisis de tránsito y el-- hacer un uso más efectivo de los fondos disponibles.

Hay dos enfoques para la construcción por etapas:

a).-Reducir el espesor total de diseño y b).-Reducir el período total de diseño. En cualquiera de ellas, el pavimento se construye en dos etapas. En un enfoque el espesor de diseño para el período normal de 20 años, se reduce arbitrariamente en 1" ó 2" pulgadas de concreto asfáltico, y en el otro, se diseña el pavimento para una primera etapa, un período relativamente corto (5 ó 6 años) y se prevee una etapa de construcción adicional al final de ese período.

Método de Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos de la Secretaría de Obras Públicas.

Este método considera como factores principales de diseño de la estructura del un pavimento asfáltico lo siguiente:

- 1.-Condiciones de tránsito.
- 2.-Terracerías y materiales de construcción disponibles.
- 3.-Efectos del clima.

El procedimiento actual (hasta octubre de 1963) se basa en un serie de estudios que se realizaron al terminar la década de los cuarenta y al empezar la de los cincuenta, apoyandose además en las experiencias propias de la Secretaría.

Análisis del Tránsito.

El tránsito lo analiza en función del tránsito diario de vehículo de 3 ton. o más, no tomando en cuenta la vida -- proyecto del pavimento por lo que para un determinado --- tránsito solo existe una solución independiente de la vida de proyecto y de la distribución del tránsito de vehículos con peso de 3 ton.

Ejemplo: Se requiere proyectar una carretera de dos carriles con un tránsito mezclado inicial de 1000 vehículos en las dos direcciones. Se quiere conocer cuantos de esos -- vehículos tienen una capacidad de carga igual o mayor de 3 ton., para aplicar los resultados al método de diseño -- de pavimentos asfálticos de la Secretaría de Obras Públicas.

En la tabla siguiente, se desglosa el tránsito en función de los pesos de los vehículos, con objeto de tener el número de ellos mayor de 3 ton. de peso.

Tipo de vehículo	Distribución del tránsito	Peso por vehículo (ton)	Vehículos mayores de 3Ton.
Ap	Vacios	_____	_____
	Cargados 275	2.0	_____
Ac	Vacios 88	2.4	_____
	Cargados 38	4.9	38
B	Vacios	_____	_____
	Cargados 105	12.5	105
C2	Vacios 82	4.2	82
	Cargados 140	9.3	140
C3	Vacios 22	6.9	22
	Cargados 85	16.6	85
T2S1	Vacios 5	9.1	5
	Cargados 20	18.8	20
T2S2	Vacios 15	11.3	15
	Cargados 55	24.6	55
T2S3	Vacios 15	13.9	15
	Cargados 55	29.9	55

Vehículos mayores de 3 Ton=637

Por lo tanto, el número de vehículos mayores de 3 ton., considerando un solo sentido 319.

Diseño de espesores.

Para el ejemplo, se considera el tránsito calculado y como material de terracerías una arcilla limosa.

Las pruebas que se efectuaron a la arcilla luminosa dieron resultados siguientes, un peso volumétrico seco máximo de -- 1595 kg/m³ en la prueba Proctor SOP, que es la que le corresponde y al realizarse la prueba modificada de acuerdo a la variante 2 suponiendo que el camino va a quedar colocado en zona de alta precipitación, se obtuvo un valor relativo de soporte de 8.

Con un tránsito de 319 vehículos con peso de 3 ton. o más y un valor relativo de soporte de 8, se utiliza la gráfica de diseño que se muestra en la fig. 1 para calcular el espesor requerido de pavimento, procediendo como se indica a continua

ción.

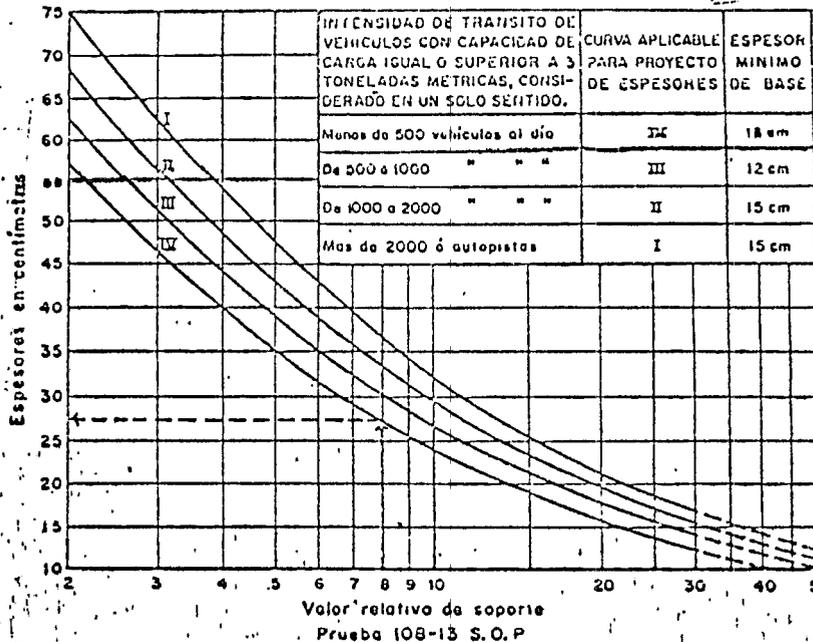
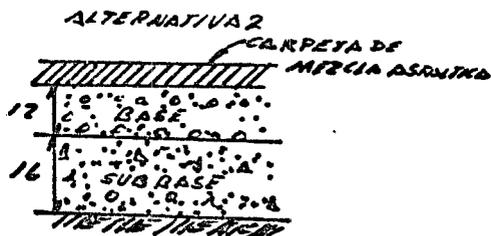
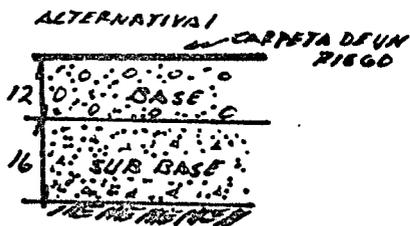


FIG. 1. Gráfica para diseño de espesores de pavimentos flexibles para carretera. Método de la Secretaría de Obras Públicas, basado en pruebas modificadas de valor relativo de soporte.

Se entra a la fig. # 1 localizando en la escala horizontal, el punto correspondiente a un valor relativo de Soporte de 8, levantando una vertical a partir de ese punto hasta interceptar la curva correspondiente al tránsito de 319, que es en este caso la curva IV (cubre de 0 a 499 vehículos diarios).

Del punto localizado se traza una horizontal hasta la escala de espesores, en donde se lee el espesor requerido, que en este caso son 28 cm., aproximadamente.

Como esta gráfica de espesores de base + subbase unicamente sin tomar en cuenta el espesor de carpeta y de acuerdo a -- los requisitos de espesor mínimo de base, el pavimento tendrá una base de 12 cm., y una subbase de 16 cm., teniendo en la parte superior una carpeta que solo servirá desde el punto de vista funcional, sin considerar ningún valor estructural. El método no recomienda ninguna relación de sustitución para el caso de emplear materiales estabilizados. De acuerdo con lo visto, se puede tener cualquiera de las dos alternativas de diseño que se presenta a continuación:



DRENAJE.

Drenaje de los Caminos.

El objeto del drenaje en los caminos, es en primer término, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue al camino.

Para que el camino tenga buen drenaje debe tratarse que el agua no circule en cantidades excesivas por el mismo, evitando así la formación de baches, así como el agua que escurre por las cunetas se estanque y reblandezca las terracerías originando pérdidas de estabilidad así como asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes formados por materiales de mala calidad se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos, y debe evitarse además, que el agua subterránea reblandezca la sub-rasante con su consiguiente peligro.

Como puede observarse, el prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe buscarse de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados. Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variables, permeables unos, impermeables otros, obligando ello a la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas. La experiencia en el análisis y estudios de muchos en mal estado ha enseñado que el drenaje inadecuado más que ninguna otra curva, ha sido el responsable del daño que han sufrido.

A continuación se exponen algunas normas que deben guiar al Ingeniero localizador en lo relativo al drenaje de los caminos. Cuando el camino sigue el curso de un valle o corriente de agua, las terracerías deben quedar a una altura conveniente sobre el nivel de las máximas del río o valle.

El mismo problema se presenta en el caso que el camino tenga -

que bordear algún lago o cualquier otra extensión considerable de agua, en cuyo caso es patente el problema de drenaje en relación con la estabilidad de los terraplenes. Además, al trazar un camino en la ladera de una montaña o loma, el localizador debe evitar en cuanto sea posible, el paso por lugares sumamente húmedos en los que hubiera el peligro de la existencia de manantiales los cuales casi siempre son perjudiciales al camino. Debe evitarse así mismo que los cortes debiliten peligrosamente la estabilidad de la estructura geológica del terreno y evitarse que los terraplenes lleguen a sobrecargar demasiado alguna capa de distritus o materiales sueltos que están en las pendientes de las montañas. En estos últimos casos, una localización no acertada puede dar origen a complicados problemas de drenaje y estabilidad del terreno.

En cuanto al trazo de la sub-rasante, también debe estudiarse cuidadosamente con relación al drenaje, ya que frecuentemente bastan ligeros cambios en ella para facilitar la remoción rápida y completa del agua.

Además, es mucho más importante que la superficie sea rápida y correctamente drenada y protegida contra las inundaciones, que lograr que las terracerías tengan el costo mínimo. El estudio de drenaje que se va a exponer se dividirá en dos partes:

DRENAJE SUPERFICIAL Y DRENAJE SUBTERRANEO.

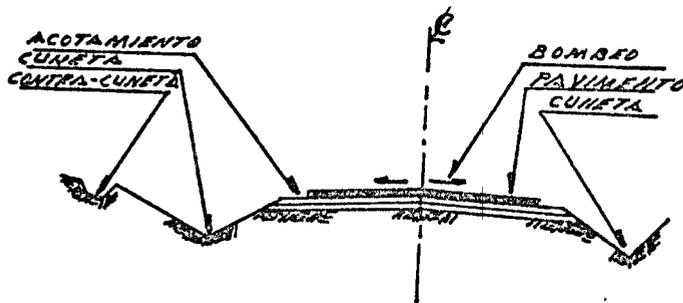
Drenaje Superficial.

Con relación al drenaje superficial estudiaremos los dos aspectos mencionados anteriormente, o sea primero la manera de reducir al mínimo el agua que afluye al camino, mediante la captación de la misma, y segundo la forma de dar rápida salida al agua que inevitablemente entra al mismo. Así, pues nuestro primer estudio se referirá a las obras de captación y defensa tales como cunetas, bombeo, lavaderos, etc., y el segundo a las obras llamadas obras de cruce como las alcantarillas, vados -- puentes-vados etc.

Cunetas.

Las cunetas son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la

mitad del camino (o de todo el camino en las curvas), el agua escurre por los cortes y a veces la que escurre de pequeñas áreas adyacentes. Cuando las cunetas pasan del corte al terraplén, se prolongan a lo largo del pie del terraplén dejando una berma convencional entre dicho pie y el borde de la cuneta para evitar que se remoje el terraplén lo cual causa asentamientos.



Debido a que el área a drenar por las cunetas es relativamente pequeña, generalmente se proyectan éstas para que den capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración.

Se puede decir que se considera suficientemente seguro proyectar cada cuneta para que tomen el 80% de la precipitación pluvial que cae en la mitad del ancho total del derecho de vía.

Las dimensiones, la pendiente y otras características de las cunetas, se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas. Las cunetas generalmente se construyen de sección transversal triangular o trapezoidal y su diseño se basa en los principios del flujo en los canales abiertos. En un flujo uniforme, las relaciones básicas se indican mediante la conocida fórmula de Manning:

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

En la que:

V=velocidad promedio en metros por segundo.

n=coeficiente de rugosidad de Manning (que más adelante se indica)

R=Radio hidráulico en metros (área de la sección transversal entre perímetros mojado)

S=Pendiente del canal en metros por metro.

La fórmula de Manning antes expuesta se obtiene de la fórmula de Chezy para canales en régimen uniforme:

$$V = C \sqrt{RS}$$

en la que se ha reemplazado C por el valor de:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \text{ que fue propuesto por Manning.}$$

Valores de n para la fórmula de Manning.

Tipo de material	Valores de n
Tierra común, nivelada y alisada	0.02
Roca lisa y uniforme.	0.03
Roca con salientes y sinuosos	0.04
Lechos pedregosos y bordos enhierbados.	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos.	0.03

Por lo tanto, incluyendo el valor de V de Manning, se tiene:

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

en la que:

Q= Descarga en metros cúbicos por segundo.

A= Area de la sección transversal del flujo en metros cuadrados.

Lo que se persigue en la construcción de las cunetas es que sean de sección transversal eficiente y que sean fáciles de construir y conservar.

En la práctica, como ya lo indicamos anteriormente, las cunetas se construyen de sección trapecial o triangular.

Siendo bastante inciertos los factores que intervienen en la determinación del área hidráulica, ordinariamente la forma y dimensiones de las cunetas las determina el Ingeniero a su juicio de acuerdo con las condiciones climatéricas, topográficas y geológicas del lugar, de preferencia por comparación con lugares semejantes donde se haya experimentado el funcionamiento de las cunetas. La tendencia es hacer las cunetas tan pequeñas y poco-

profundas como sea posible, y cuando ellos están bien acabados contribuyen al buen aspecto del camino. La sección puede ser en forma de V o trapecial y ambas pueden construirse y conservarse fácilmente con la hoja de las motoconformadoras. El desnivel mínimo bajo la sub-rasante del camino en cualquier caso será de 30 centímetros y el máximo de 90 centímetros a fin de que no sea muy peligrosa.

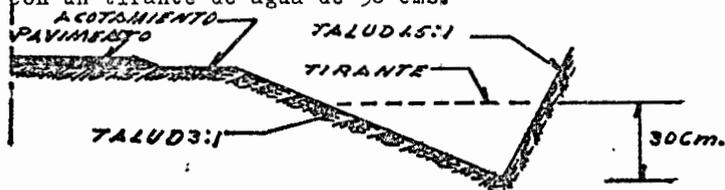
No es aconsejable el empleo de cunetas de sección transversal rectangular porque muy pocas veces conservan sus taludes verticales, ya que se derrumban y asólván la cuneta.

La cuneta en forma de V tiene la ventaja de que su forma se aproxima a la de un badén común, así si algún día se amplía la pavimentación del camino, con poco trabajo podrá transformarse la cuneta en badán.

Se designa con el nombre de badán a toda cuneta que además de ser pavimentada tiene la característica de que forma parte de la calzada misma, por lo que es de poca pendiente de poca profundidad y con frecuentes salidas para el agua, haciendo estas salidas mediante rejjas, coladeras etc.

Las cunetas de sección trapecial tienen mayor capacidad de transporte para la misma sección transversal, pero a menos que se hagan de plantilla relativamente ancha, se erosionan más fácilmente que las cunetas en V. Generalmente el tirante se hace de 30 cms., a 45 cms., y el talud del lado del camino que sea de 2:1 y del lado opuesto 1.5:1.

Las desventajas de la cuneta en V es que deben hacerse muy anchas en pendientes suaves y si el camino va en cortes muy fuertes puede resultar muy costoso dar el ancho necesario. Hay una cuneta que se le ha llamado cuneta tipo que tiene talud interior de 3:1 (del lado del camino) y 1.5:1 del lado exterior con un tirante de agua de 30 cms.



Para que las cunetas se conserven en buen estado es necesario - que la velocidad del agua que escurre por ellas no pase de ciertos valores.

A continuación se dan valores aproximados de la velocidad a que comienzan a deslavarse los suelos:

Material	Velocidad en m/seg.
Arena	0.60 a 0.90
Lama	0.60 a 1.10
Grava fina	1.50 a 1.80

La tabla anterior puede servir de guía para saber si una cuneta necesita o no protegérsele mediante un zampeado o en la forma - que se crea conveniente.

La práctica usual americana de algunos valores que pueden ser - de mucha importancia como guía para el Ingeniero que proyecta - las cunetas. Dichos valores son:

Cuando el tirante de agua es de 10 cms. a 15 cms., no es necesario zampear las cunetas con pendientes de menos del 7%.

Cuando el tirante de agua es mayor de 15 cms., es necesario zampear para pendientes de más de 3% si el suelo es arena o arcilla, y para pendientes de más de 5% si el suelo es grava firme. Lo anterior equivale a que en términos generales, para la mayor economía, una cuneta deberá protegerse en pendientes fuertes -- cuando su longitud sea de más de 60 metros a partir de una cresta o una alcantarilla de alivio, debido a que mientras más larga sea la cuneta más agua llevará, erosionará más, y resultará antieconómica la conservación.

Cuando haya duda acerca de si debe o no zampearse una cuneta, es preferible no hacerlo en seguida sino esperar a que el tiempo - demuestre si la sección y la pendiente de la misma son o no adecuadas.

Contracunetas.

Las contracunetas son zanjas que se hacen en lugares convenientes con el fin de evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual están proyectadas. Como se indicó con anterioridad, en virtud de que las cunetas solo pueden llevar el -- agua que escurre por el bombeo del camino y los taludes de los-

cortes, y de pequeñas áreas adyacentes, con el fin de recoger y encausar el agua que proviene de zonas más alejadas y que se dirigen al camino, hay que construir zanjas llamadas contracunetas colocadas transversales a la pendiente del terreno, las cuales interceptan el paso del agua y la alejan de los terraplenes y cortes.

Cuando el camino sigue aproximadamente la dirección de la misma pendiente del terreno, son innecesarias las contracunetas porque entonces el agua correrá paralelamente al camino en dirección de los taludes y por ahí saldrá a las alcantarillas.

Como se puede observar el uso de las contracunetas está indicado en terrenos montañosos o en lomerío, pero en cualquier caso debe observarse la naturaleza geológica del terreno para no hacer contracunetas que vayan a resultar perjudiciales en vez de útiles. Las contracunetas se calculan igual que las cunetas y generalmente son de sección trapecial de 50 cms., de plantilla y taludes de 1:1 en material suficientemente compacto, pudiendo llegar a hacerse paredes verticales. En todos los casos el tamaño y forma deberán sujetarse a las necesidades hidráulicas y a las condiciones del terreno.

La longitud de las contracunetas será la necesaria para llevar las aguas hasta desembocar en un talweg u handonada adyacente. Bombeo del camino.

Se denomina bombeo de un camino a la forma de la sección transversal del mismo y que tiene como fin principal el drenar hacia los lados el agua que cae en el camino mismo.

El bombeo que debe emplearse depende de la clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y aspectos del camino. En nuestro país se acostumbra emplear un bombeo de 2% para los caminos asfaltados y de 1.5% para los de concreto hidráulico. A últimas fechas se ha reducido notablemente el bombeo en los caminos.

Lavaderos o vertederos.

El desfogue de una corriente de agua (como en el caso de una alcantarilla de alivio, de las cuales se tratará en las obras de cruce) puede hacerse con un lavadero o vertedor, el cual no es-

más que una cubierta o delantal de mampostería de concreto o de piedra acomodada simplemente, por donde se encauza el agua de los taludes o terraplenes, o en terreno muy erosionable, hasta llevarla a lugares donde la erosión continua no pueda llegar a afectar el camino en forma alguna.

Cuando se construyan en terrenos inclinados, es necesario anclarlos con dentellenos para evitar que resbalen. Las dimensiones y forma de los lavaderos quedan enteramente a criterio del Ingeniero drenajista.

Obras de Cruce: Alcantarillas.

Las obras de cruce, que son llamadas también de drenaje transversal, tienen por objeto dar paso rápido al agua que por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de cruce están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

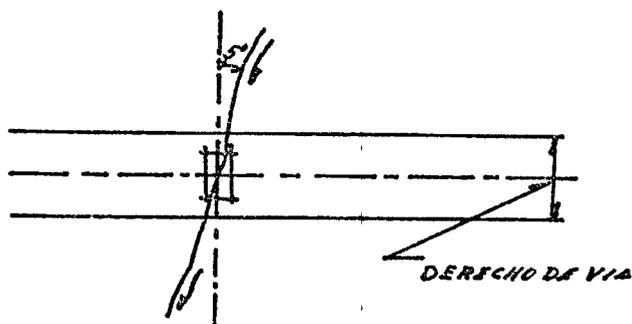
La diferencia fundamental entre los puentes y las alcantarillas es que estas llevan encima un colchón de tierra y aquellos no. Una alcantarilla consta de dos partes: El cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura. Los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal. Sin embargo, si se alarga el cañón, los muros de cabeza se pueden omitir. Según la forma del cañón las alcantarillas se dividen en alcantarillas de tubo, alcantarillas de cajón y alcantarillas de bóveda.

En la construcción de un camino, aún en aquellos casos en los que los fondos estén limitados, deben siempre llevarse a cabo todas las estructuras necesarias, con el objeto de proteger el camino establecido un sistema razonable de drenaje de una vez por todas, ya que una estructura mal localizada ocasiona posteriormente trastornos costosos.

Las alcantarillas se colocan generalmente en el fondo del cauce que designan, aunque en algún caso particular puede cambiarse esa localización.

Al localizar una alcantarilla debe procurarse no forzar los cruces para hacerlos normales cuando la localización razonable y -

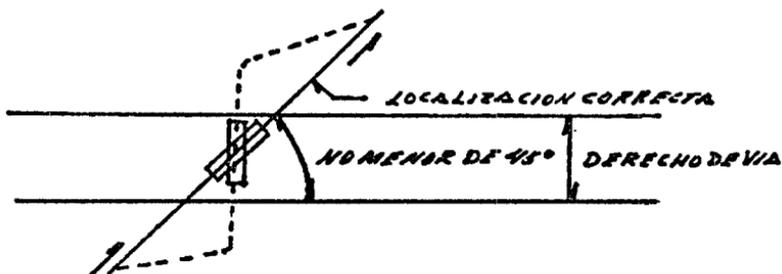
natural es esviada, ya que en esos casos la economía obtenida con cruces normales casi nunca compensa los gastos de conservación ocasionados por la erosión del agua al sufrir estas fuertes desviaciones. Además, no se trata de reducir el número de alcantarillas concentrando en una sola el agua de varios talwegs, sino por el contrario, es conveniente colocar todas las alcantarillas que sean necesarias para un funcionamiento eficaz del drenaje. Sin embargo, cuando el esviamiento de una corriente sea menor de 5 grados es preferible hacer la estructura perpendicular al camino suprimiendo el esviamiento y rectificando ligeramente el cauce como se muestra en la fig. que sigue:



Cuando la forma del cauce se ajusta a la dirección de la alcantarilla, basta poner aleros o muros de cabeza para encauzar el agua. Cuando el cauce es irregular o se encuentra cubierto de piedras o de maleza, es necesario canalizar un trecho a la entrada y a la salida de la alcantarilla para que el agua se encauce bien.

En aquellos casos en los que la dirección de la corriente con la normal al eje del camino formen un ángulo mayor de 5 grados, es preferible alinear la alcantarilla con el fondo del arroyo aún a expensas de que resulte una obra más larga y costosa que la construida normal, ya que ésta requerirá canalizar el cauce con codos más o menos forzados que son poco resistentes al empuje del agua con los aguaceros fuertes produciéndose deslaves en

los lugares de máxima velocidad y azolves en aquellos de velocidad mínima.



Cuando un camino cuenta con cunetas muy largas debido a que va bordeando una loma o ladera, por ejemplo, es muy conveniente - aliviar la cuneta cada 100 metros mediante el empleo de una alcantarilla de alivio que sirva para dar salida a toda el agua - que esté arriba de la misma, lográndose que el caudal de la cuneta no pase de cierto límite.

La separación de 10 Mts., indicada es solo como guía ya que deben colocarse de acuerdo con las condiciones de pendiente, tipo de suelo, protección de las cunetas y ancho de su sección - transversal. Sin embargo, la distancia ya indicada es una de - las más comunes en caminos.

Area hidráulica de las alcantarillas.

El cálculo del área hidráulica de las alcantarillas es semejante al que se presenta en los puentes, o sea, se trata de permitir el paso del máximo caudal de agua que haya en cada caso, - haciéndolo de tal manera que no cauce trastornos ni al camino - ni a la estructura misma.

Hay cinco procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla. Estos procedimientos son los siguientes:

a) Procedimientos por Comparación.

El procedimiento por comparación se aplica en aquellos casos - en los que se trata de construir una nueva alcantarilla en un lugar donde ya había otra, o cerca de otra alcantarilla existente en el mismo arroyo.

Este procedimiento es aplicable cuando las huellas de las altas aguas encontradas en la alcantarilla existente sean claras o - cuando se puedan obtener datos verídicos de los vecinos del lugar relativos al nivel más alto alcanzado por el agua durante un período no menor de 10 años en ambos casos.

Si no ha habido alcantarilla en el lugar, entonces una alcantarilla cercana puede dar indicaciones del valor si se pueden obtener datos de como ha funcionado en el pasado durante fuertes aguaceros.

El procedimiento empírico es especialmente usado cuando no ha existido ninguna alcantarilla en el lugar y cuando no hay datos respecto al gasto mínimo del arroyo, ni datos de precipitación pluvial. El método empírico está bastante generalizado y consiste en el empleo de ciertas fórmulas empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y de las características topográficas de la cuenca a drenar.

Encontrando el área hidráulica de una alcantarilla por medio de las fórmulas empíricas ya sea la de Talbot, la de Peck, o la de Mayers, se ha visto que los resultados difieren bastante entre sí, y que los valores encontrados con la fórmula de Talbot son los que más se acercan al promedio de los valores obtenidos con las tres fórmulas.

Debido a lo anterior es por lo que, generalmente se emplea más la fórmula de Talbot que la de Peck o la de Meyers.

La fórmula de A.N. Talbot, Profesor de la Universidad de Illinois es:

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

en la que:

a=Área hidráulica, en metros cuadrados, que deberá tener la alcantarilla.

A=Superficie a drenar, en hectáreas.

C=Coefficiente que vale:

C=1.00 para terrenos montañosos y escarpados.

C=0.80 para terrenos con muchos lomerios.

C=0.60 para terrenos con lomerio.

C=0.50 para terrenos muy ondulados

C=0.40 para terrenos poco ondulados.

C=0.30 para terrenos casi planos.

C=0.20 para terrenos planos.

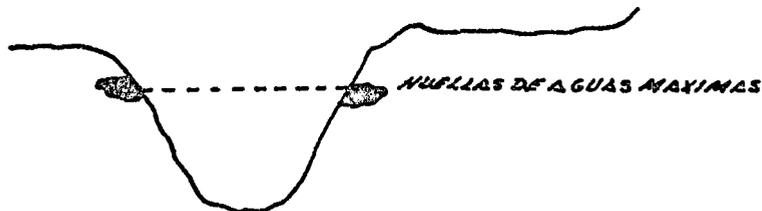
A continuación se dan algunos valores del área hidráulica de una alcantarilla calculados con la fórmula Talbot.

Area drenada en hectareas	Terreno	Mucho	Lomerio	terreno	casi
	Montañoso	Lomerio	Lomerio	Ondulado	Plano
	C=1.00	C=0.80	C=0.60	C=0.50	C=0.30
1	0.18	0.14	0.11	0.09	0.05
2	0.31	0.25	0.19	0.16	0.09
4	0.52	0.42	0.31	0.26	0.16
6	0.70	0.56	0.42	0.35	0.21
8	0.87	0.70	0.52	0.44	0.26
10	1.03	0.82	0.62	0.52	0.31
20	1.73	1.38	1.03	0.86	0.52
30	2.25	1.88	1.41	1.18	0.71
50	3.44	2.75	2.06	1.72	1.03

El procedimiento de Sección y Pendiente consiste en determinar el gasto del cauce por medio de secciones hidráulicas de finidas y de la pendiente del arroyo. Para ello es necesario valerse de las huellas de las aguas máximas en el sitio en que se colocará la alcantarilla y determinar la sección y la pendiente del cauce en el cruce y en dos secciones definidas en las cuales las márgenes sean altas y sobrepasen el nivel de las aguas máximas. El gasto máximo se calculará en función del área hidráulica, el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad de acuerdo con las paredes del cauce. Con estos elementos y mediante la fórmula de Manning se obtiene la velocidad que multiplicada por el área hidráulica correspondiente nos proporciona el gasto máximo para el que debe proporcionar la alcantarilla.

Sin embargo, es muy frecuente que a pesar de tratarse de un-

cauce bien definido, no se encuentran huellas dejadas por el agua, por lo que en estos casos conviene deducir el gasto mediante el procedimiento de la precipitación pluvial.



El procedimiento de la precipitación pluvial consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable del agua de lluvia. Las fórmulas para el cálculo del gasto en este procedimiento requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, del área a drenar, de su topografía y de la clase de suelo de dicha área. Los tres últimos datos se pueden determinar en cualquier lugar en el momento en que se necesiten, más no así la precipitación pluvial la cual es necesario conocer su valor máximo en un número bastante grande de años.

A continuación se anotará la fórmula de Burki-Ziegler para calcular el gasto máximo de una alcantarilla debido a un aguacero intenso en un área tributaria determinada:

$$Q=0.022 CIA \sqrt{S/A}$$

en la que:

Q=gasto de la alcantarilla en m^3 /seg.

A=número de hectáreas tributarias.

I=Precipitación pluvial, en centímetros por hora, correspondiente al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración total).

S=pendiente del terreno, en metros por kilómetro.

El coeficiente C depende de la clase de terreno que forma la

cuenca o área tributaria de la alcantarilla y tiene los valores que siguen:

$C=0.75$ para calles pavimentadas y distritos comerciales.

$C=0.30$ para poblaciones con paquetes y calles con payimentos-asfálticos.

$C=0.25$ para terrenos de cultivo.

El método racional consiste en emplear una fórmula que indica que el gasto es igual a un porcentaje de la precipitación plu vial multiplicada por el área tributaria, y se expresa así:

$$Q = 27.52 CIA$$

siendo:

Q =Gasto en litros por segundo.

C =Coeficiente de escorrentia.

I =Intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración, en centímetro por hora.

A =Area drenar en hectáreas.

Esta fórmula está en ciertas hipótesis como:

- a) La proporción del escurrimiento resultante, de cualquier intensidad de lluvia, es un máximo cuando esa intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración.
- b) El máximo escurrimiento resultante de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación; o sea que se supone una relación lineal entre Q e I , dando como consecuencia que Q sea igual a cero cuando I sea igual a cero.
- c) El coeficiente de escorrentia es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada y para lluvias de diversas frecuencias.
- d) La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la relación entre duración e intensidad de precipitación.

Como puede observarse, el método racional no toma en cuenta ni las variaciones de la intensidad de la lluvia en el área de durante todo el tiempo de concentración, si tampoco el efecto de almacenamiento en la cuenca a drenar, ya que-

supone que la descarga es igual a la precipitación pluvial menos toda la retención de la cuenca. La fórmula del método racional siempre sobrestima el escurrimiento, con errores apreciables al crecer el tamaño del área a drenar. De aquí que este método es solo confiable para cuencas pequeñas o sea de menos de mil acres, o sean 409.69 hectáreas.

Los valores de C son los siguientes:

Pavimentos asfálticos	0.75 a 0.95
Pavimentos de concreto hidráulico	0.70 a 0.90
Suelos impermeables	0.40 a 0.65
Suelos ligeramente permeables	0.15 a 0.40
Suelos moderadamente permeables	0.05 a 0.20

Cuando se proyecta una alcantarilla ya sea por el método de comparación o ya sea por el método empírico, el área se obtiene directamente y por lo tanto se puede proceder a proyectar la forma, pendiente, etc., de la alcantarilla. Sin embargo, cuando se sigue el 'método de Sección y Pendiente, el método de la Precipitación Pluvial o el Método Racional, el que se obtiene es el gasto Q que llega a la alcantarilla, y por lo tanto es necesario calcular el área hidráulica de la misma para dar paso a ese gasto.

Generalmente, al proyectar las obras de drenaje, se acostumbra proporcionar el área hidráulica de éstas de manera que nunca trabajan como conducto lleno ya que ello supone que el nivel del agua se eleva a la entrada de la alcantarilla lo que traería como consecuencia inundaciones de los terraplenes adyacentes.

Hidráulicamente las alcantarillas pueden trabajar sin cargas o con cargas. Las alcantarillas sin carga son aquellas que tienen salida libre, llamándose así la salida en que el agua escurre por el tubo y sale de él sin ser retardada por agua que se estanque en su extremo inferior. En aquellos casos en que el agua no tiene desagüe como cuando es obstruída por una masa de agua estancada, la salida de la alcantarilla puede ser ahogada o semi-ahogada, existiendo la posibilidad de que el tubo traba

je forzado.

Pendiente de la alcantarilla.

Es recomendable que la pendiente en las alcantarillas sea la misma que la del lecho de la corriente. Si la pendiente de la alcantarilla es mayor, el extremo de la misma tiende a azolverse, y por el contrario, si la pendiente es menor que la del cauce es el extremo superior el que se obstruye. Sin embargo, cuando se trata de una alcantarilla sobre un talweg en terreno montañoso de fuerte pendiente, si se hace la alcantarilla con la pendiente del cauce resultaría que la intersección de la alcantarilla con el talud del lado de aguas abajo del terraplén, quedaría muy alejada del centro del camino provocando con ello una estructura muy larga y muy costosa. En estos casos es preferible dar a la alcantarilla una pendiente bastante menor y construir en su salida sobre el talud del terraplén, un lavadero o sea un canal de mampostería o de concreto por el que escurra el agua hasta llegar al terreno natural.

Tipos de Alcantarillas.

La elección de cual tipo de alcantarilla es la mejor, depende: a) Del suelo de cimentación; b) De las dimensiones de la alcantarilla y requisitos de la topografía, y c) De la economía relativa de los diferentes tipos y adecuados de estructura.

Dependiendo de su forma y material las alcantarillas se clasifican en :

- 1.-Alcantarillas de tubo: de concreto reforzado, de lámina corrugada, de barro vitrificado y de fierro fundido.
- 2.-Alcantarillas de Cajón: de concreto reforzado, sencillas o multiples.
- 3.-Alcantarillas de Bóveda: de mampostería o de concreto simple, sencillas o multiples.
- 4.-Alcantarillas de losa: de concreto reforzado.

En cuanto al tipo de cimentación se puede decir que cuando la cimentación es en el suelo firme y seco, cualquiera de -

los tipos enteriores es satisfactorio.

En suelos húmedos el tipo de cajón probablemente sea el más adecuado ya que la carga se transmite en ellos verticalmente en direcciones bien definidas. Si en estos suelos se emplean tubos de barro o de concreto, ellos deben ir sobre -- una cama de material más resistente que el terreno.

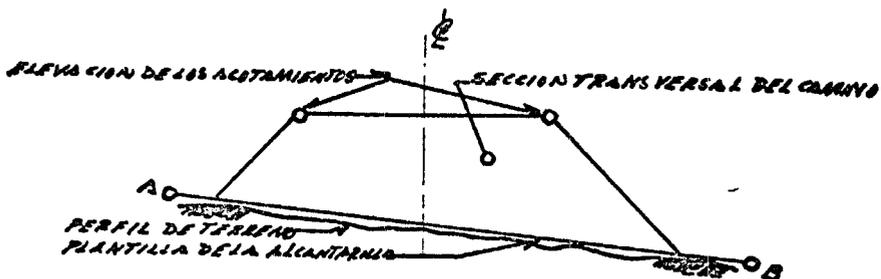
En lodazales o en arenas movedizas el tipo más adecuado es el de la lámina acanalada, o el tipo de cajón con gran área de sustentación y de preferencia hechos en tramos que no es tén unidos entre si. Por lo que se refiere a las dimensio-- nes de la alcantarilla se puede decir que para claros de -- 0.60 m. a 1.5 m. el tipo de cajón de concreto es el más usa do. Para claros de 1.5 m. a 0.60 m. se emplean losas de con creto reforzado sobre estribos de concreto simple o mampos tería. Si el terraplén es muy alto, conviene más la bóveda de mampostería o de concreto. Para pequeñas áreas de drenaje ordinariamente se usa algún tipo de tubo. Por lo que res pecta a la economía, la única base racional para escoger el tipo de alcantarilla consiste en comparar, en cada caso, el caso de los distintos tipos posibles teniendo en cuenta no solo su costo inicial sino también su duración y conserva-- ción.

Longitud de las Alcantarillas.

La longitud de las alcantarillas depende del ancho de la co rona del camino, de la altura del terraplén, del talúd del mismo y del ángulo de esviajamiento. El cañón de la alcanta rilla debe ser lo suficiente largo para que no corra el pe ligro de obstruirse en sus extremos con material del terra plén que se deslave durante las lluvias.

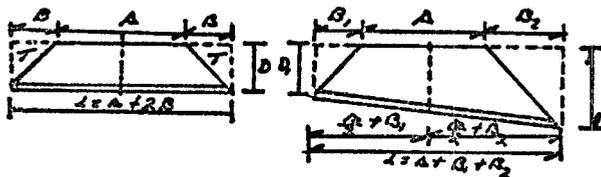
La mejor manera de determinar la longitud de una alcantari-
lla es levantando cuidadosamente el perfil del terreno se--
gún el eje de la obra y dibujarlo en papel milimétrico. So-
bre ese perfil se acomoda la línea que marca la plantilla -
de la alcantarilla quedando así determinada la pendiente de
la misma. Se dibuja la sección del camino con el espesor y-

taludes que le comprenden en esa estación.



Teniendo hecho el dibujo anterior, el cálculo de la longitud de la alcantarilla, cuando esté a ángulo recto con el eje del camino, se puede efectuar utilizando los métodos indicados en las figuras que siguen:

Si la longitud no es perpendicular a la línea del centro del camino, multiplíquese esa longitud (-L-) por la secante del ángulo de esviaje.



Ejemplo A = 10 M.

T = 1.5 : 1

B = 1.5D

D = 3M.

Ejemplo A = 10 M; T 1.5:1

D₁ = 3M; D₂ = 4M.

B₁ = 1.5D₁

B₂ = 1.5D₂

. . . L = 10 + 2(1.5 x 3) = 19M. . . L = 10 + (1.5 x 3) + (1.5 x 4) = 20.5 M. = 21M.

Cuando no se cuenta con los datos para formar el perfil del terreno, la longitud de la alcantarilla puede obtenerse añadiendo el ancho de la corona dos veces el producto del talud por la altura del terraplén (hasta el piso de la alcantarilla) en el centro del camino. Sin embargo, cuando la

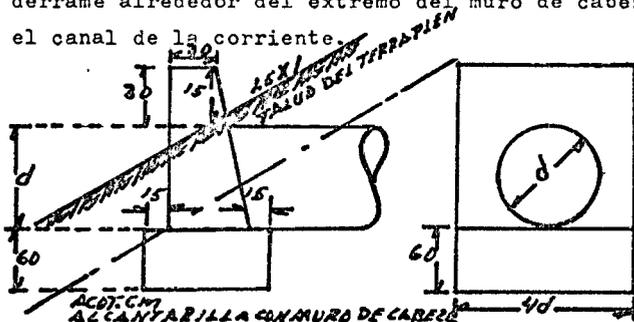
alcantarilla tiene una pendiente de 5% o más, y en especial en terraplenes altos, es preciso hacer el cálculo como se - indicó con anterioridad ya que el eje no divide el tubo --- exactamente en dos partes iguales.

Quando la alcantarilla lleva muros de cabeza, las alturas - se mediran a la clave de la alcantarilla y no a la planti-- lla.

Muros de Cabeza.

Como ya se indicó con anterioridad, los muros de cabeza sir ven para impedir la erosión al rededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal. Los muros de cabeza son generalmente de mampostería o de -- concreto son los mejores y deben preferirse hasta donde sea posible.

La altura de los muros de cabeza debe ser tal que se extien da más arriba de su intersección con los taludes del camino El muro de cabeza debe prolongarse por lo menos 60 cm., aba jo de la plantilla formando un dentellón que sirva a la vez de amarre y protección contra la erosión de dicha plantilla El dentellón de aguas arriba debe hacerse más profundo que el de aguas abajo. En muchos casos la plantilla de la alcan tarilla se extiende tanto aguas arriba como aguas abajo en forma de delantal para impedir la erosión. En estos casos - al extremo del delantal debe ponerse también un dentellón. La longitud del muro de cabeza depende de la longitud de la alcantarilla, de la altura de la misma y del talud del te-- rraplén, debiendo ser tal que el pie del terraplén que se - derrame alrededor del extremo del muro de cabeza no invada el canal de la corriente.



Cuando los muros de cabeza no son rectos sino que llevan aleros, para determinar la longitud de los mismos debe también tenerse en cuenta el ángulo que forma los aleros.

La altura de los aleros va en disminución hacia el extremo.- Esa disminución depende del ángulo de los aleros y del talud natural del terreno.

Cajones de Entrada, Desarenadores etc.

Cuando se tienen cunetas demasiado largas es necesario colocar alcantarillas de alivio a las mismas con el fin de dar salida al agua a través de ellas. Estas alcantarillas deben tener un dispositivo adecuado para dirigir el agua hacia ellas. Dicho dispositivo puede ser un simple muro transversal un cajón de entrada, un desarenador o un pozo de visita.

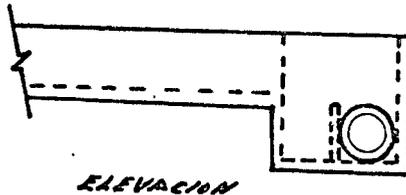
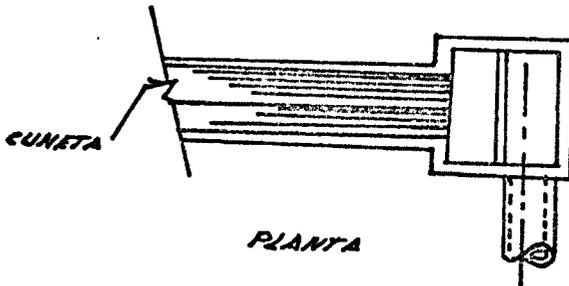
El muro transversal tal como su nombre lo indica, no es más que un muro de mampostería o de concreto, que se atraviesa en la cuneta aguas abajo de la entrada de la alcantarilla con el fin de contener el agua y guiarla a ella. El cajón de entrada es un cajón de mampostería o de concreto en el cual el agua que corre por la cuneta y luego de caer entra a la alcantarilla.

El desarenador es un cajón de entrada que cuenta con un primer depósito con el fin de retener los arrastres que lleva la cuneta.

El pozo de visita es un desarenador bastante grande y profundo, que está tapado con una reja móvil por la cual pueden entrar operarios a inspeccionar y limpiar tanto el pozo como la alcantarilla.

La aplicación de estos dispositivos mencionados, es muy frecuente en las laderas de lomas en donde el agua que se reúne en la cuneta o badén de la parte superior, se puede eliminar del camino a intervalos por medio de alcantarillas de alivio.

DESAGUADOR



Vados.

En algunas comarcas por lluviosas se encuentran hondo-nadas por las que llega a escurrir agua solamente en raras ocasiones de tal manera que no ameritan la construcción de una alcantarilla. En estos casos lo que se hace es construir un vado, esto es, se pavimenta el camino con concreto en forma tal que no sea perjudicado por el paso eventual de una corriente, y en lugares bien visibles se indica el tirante de agua para que los conductores de vehículos decidan a su juicio si pueden pasar o no.

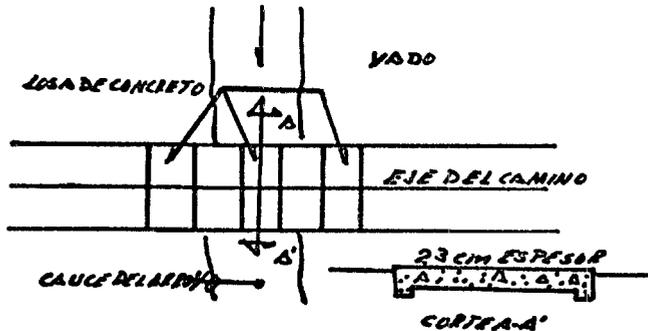
Los vados se emplean mucho en los caminos vecinales cuando los arroyos no llevan mucha agua.

Un vado bien hecho debe llenar las siguientes condiciones:

- a) La superficie de rodamiento no se debe erosionar al pasar el agua.
- b) De evitarse la erosión y socavación aguas arriba y aguas-abajo.
- c) Debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes tur

bulentos.

- d) Debe tener señales visibles que indiquen cuando no debe pasarse porque el tirante del agua es demasiado alto y peligroso.



Puente-Vado.

Se denomina puente-vado o puente bajo a una estructura en forma de puente que se utiliza para dar paso al gasto de las aguas máximas ordinarias y que durante el período de aguas máximas extraordinarias permite que el agua sobrepase por encima de ella. Este tipo de estructura es recomendable para caminos vecinales, y debe llenar los requisitos siguientes:

- Altura y longitud tal que permita el paso del gasto de las avenidas ordinarias.
- Superestructura de dimensiones mínimas con el fin de que sea menor la obstrucción al paso del agua.
- Que la superestructura se construya tan abajo del nivel de las aguas máximas extraordinarias como sea posible, con el propósito de que los árboles que lleve la corriente, pasen sobre la estructura sin dañarla.

DRENAJE SUBTERRANEO.

Aunque comunmente se piense lo contrario, el drenaje subterráneo, desde muchos aspectos, es muy semejante el drenaje superficial, ya que las capas impermeables forman canales bien definidos o vasos de almacenamiento de agua subterránea

tal como sucede en la superficie del terreno; el drenaje subterráneo consiste en proporcionar ductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento de esa agua rápidamente. Cada lugar que requiera drenaje subterráneo, o subdrenaje como también se le llama, es un problema individual y por lo tanto debe aplicarse los principios de ingeniería en su solución adecuada. Al drenaje subterráneo debe dársele toda la atención que se merece ya que de él depende gran parte de la seguridad y estabilidad del camino.

Aunque en términos generales el drenaje superficial es más importante que el drenaje subterráneo hay que reconocer que hay lugares en los cuales no se puede prescindir del drenaje subterráneo. Los lugares inestables deben de ser drenados inmediatamente y de una vez por todas durante la construcción. Un sistema de drenaje superficial y subterráneo bien proyectado e instalado en forma correcta se pagará por si mismo en un plazo breve por los ahorros que ocasionará en el costo de conservación.

Es de todos conocido que la mayor parte de los suelos, cuando están secos, dan soporte adecuado a las cargas de tránsito a las que se le somete directamente o a través de un pavimento. Si se conservan secos, aún los suelos llamados inestables quedarán precticamente libres de daño. Así pues, es necesario efectuar las obras necesarias para mantener al camino, si no completamente secos, por lo menos con una humedad que no sea perjudicial a las partes que lo forman. Vamos por lo tanto a estudiar las obras de drenaje subterráneo más comunes para impedir que el agua llegue al camino y para remover aquella que haya llegado al mismo.

METODOS DE SUBDRENAJE EN VIAS TERRESTRES.

A continuación los principales métodos que se han utilizado en el subdrenaje concetado con la construcción de vías terrrestres.

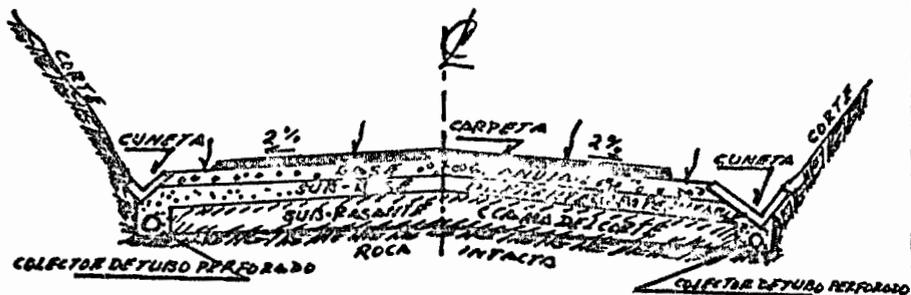
CAPAS PERMEABLES EN PAVIMENTOS.

Es frecuente que las camas de los cortes de las carreteras y

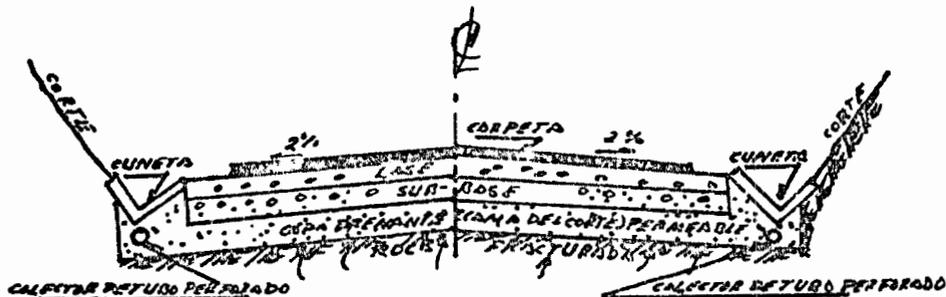
las vías férreas aparezcan grandes cantidades de agua; en - estos casos puede ser útil la colocación de capas permeables bajo el pavimento para su protección. Estas son capas de espesor razonable que se colocan abajo de la corona del camino o de la superficie pavimentada y están construídas por material de filtro, de manera que con ayuda de una pendiente --- transversal adecuada y de unas correctas instalaciones de sa lida puedan drenar el agua que se infiltre desde el pavimen- to, que provengan de los acotamientos de la vía o que ascien- da por subpresión, procedentes de niveles inferiores.

Muchas veces estas capas drenantes se integran al pavimento, aprovechando que la naturaleza granular de los materiales de filtro los hace muy apropiados para tal función estructural- mente hablando. Otra función importante de las capas de fil- tro pudiera servir de transición entre los materiales finos- de terracerías y alguna capa de material triturado grueso -- que haya de colocarse encima, para impedir la incrustación - de los fragmentos gruesos en la matriz fina.

La figura muestra en forma esquemática la utilización de ca- pas permeables para control de infiltración proveniente de - la parte superior del pavimento y de ascensión de agua prove- niente de capas inferiores, en las que se supone existe una- subpresión.



**2. SUS-BASE UTILIZADA COMO CAPA PERMEABLE, PARA INTER-
CEPTAR FLUIDO ASCENDENTE POR SUB-PRESION**



6.- SUB-ROSA UTILIZADA COMO CAPA PERMEABLE, PARA INTERCEPTAR FLUJO DESCENDENTE POR SUB-ROSA

En la parte "a" de la figura (flujo descendente) como capa drenante se ha utilizado la subbase, formada por materiales adecuados. Puesto que se acepta que no habrá flujo ascendente está justificado formar la cama del corte con una subrasante que no tenga calidad especial. En la parte "b" de la figura se considera un flujo que asciende por subpresión de una roca fracturada.

Ahora la capa drenante se ha identificado en la subrasante que forma la cama del corte. La práctica relativamente frecuente de convertir en este caso en drenante también a la subbase, colocándola sobre una subrasante convencional (cama del corte), debe verse como inconveniente, pues todo suelo colocado bajo la capa drenante tenderá a saturarse, perdiendo resistencia y ganando capacidad de deformación, por lo que el conjunto del pavimento y capa drenante podrá tener un mal comportamiento a despecho de su calidad, al "quedar flotando" sobre una capa saturada.

A veces una capa permeable de material grueso se coloca en la parte inferior de un pavimento o aún en el cuerpo o la parte interior del terraplén, con la finalidad de interrumpir un proceso de ascensión capilar que, de otra manera, terminaría por perjudicar la capa subrasante, la subbase y aún, quizá; la base de dicho pavimento. Estas son las capas rompedoras de capilaridad, cuya función es impedir el acceso del agua, pero no drenarla; no son propiamente ca--

pas drenantes. Se trata de poner el material fino del terraplén en contacto con el aire en los huecos grandes entre las partículas gruesas para dar ocasión a la formación de los meniscos necesarios para que el agua no continúe su ascenso, quedando libres de ella capas de suelos colocados por encima.

Existe una diferencia importante entre como ha de ser proyectada la capa permeable según sea interceptora y eliminadora de un flujo o rompedora de la ascensión capilar de agua que provenga de niveles inferiores. En el primer caso deberá disponerse que la capa contando con un flujo de agua a su través. Esto implica las pendientes transversales necesarias, la existencia de dos colectores de tubo perforado y, sobre todo implica que el material constitutivo de la capa sea un auténtico filtro. Por el contrario, si la capa se coloca para romper el potencial capilar de una agua ascendente lo conveniente será que el material constitutivo sea granular grueso muy permeable, que deje grandes huecos en contacto con el material que tenga potencial capilar; de esta manera, el agua capilar no podrá ascender a través de la capa rompedora y quedará confinada en las capas superiores desarrollando para ello los meniscos necesarios en la zona en que los canales capilares quedan en contacto con aire; para esta condición no sería conveniente en principio, que el material de la capa rompedora fuera un auténtico filtro, pues estos materiales tienen todavía una altura capilar que puede ser apreciable.

Drenes Longitudinales de Zanja.

En las laderas inclinadas o en terrenos ondulados y montañosos es común que el agua subterránea fluya según la inclinación de la superficie, guardando el nivel freático una configuración similar a la del terreno, cuando en tales casos haya de hacerse una excavación profunda para alojar una vía terrestre, como es el caso de los cortes, se producirá un flujo hacia la excavación que tenderá a saturar los taludes y la cama del corte.

Este flujo puede ser interceptado por un dren longitudinal

de zanja, tal como se hace ver en la figura. El aspecto del sub-dren de zanja en este caso interceptar y eliminar el flujo hacia la cama del corte y, en menor escala, disminuir la zona eventualmente saturada en el talud. La mayor parte de los drenes longitudinales de zanja que se colocan en carretera y ferrocarriles tienen tal finalidad, por lo que necesitan ser en un caso estructuras cuya principal función es la protección de pavimentos, interceptando un flujo de agua.

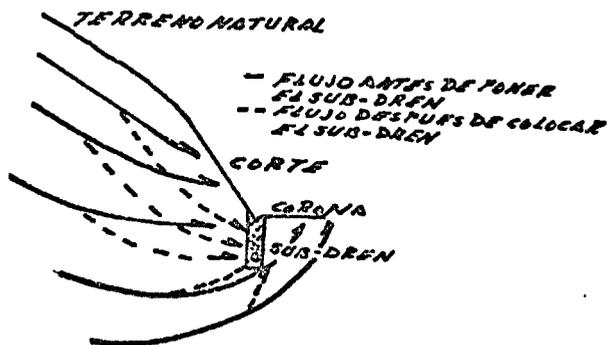
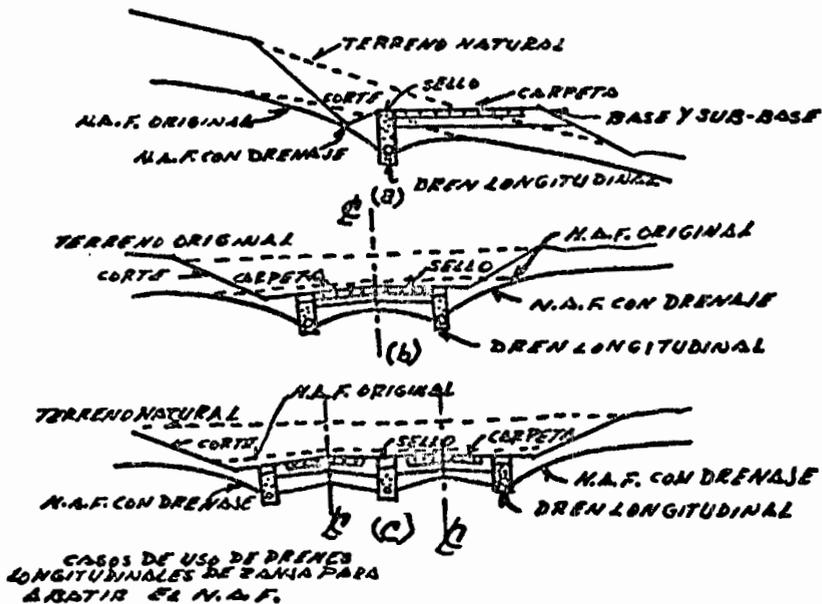


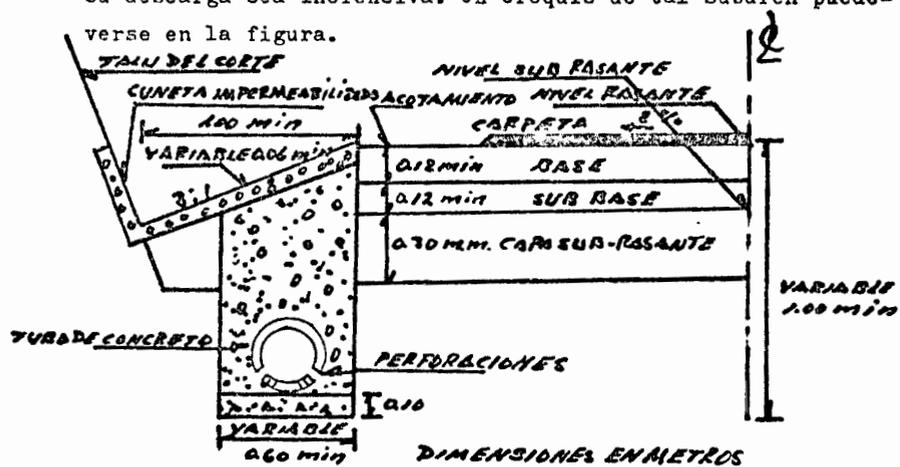
FIG. FLUJO HACIA EL TALUD Y LA CAMA DE UN CORTE

Pero otra utilización muy común de los drenes longitudinales de zanja se ilustra en la figura.

Se ven en ellas tres condiciones en que gracias a tales instalaciones se logra dejar un pavimento por encima de un nivel freático que, de otra manera, lo enegaría. Aquí más que el flujo, la misión del dren es abatir un nivel freático, protegiéndolo así al pavimento. Esta es una necesidad muy frecuente en terrenos planos, con nivel freático muy próximo a la superficie, de manera que la función ilustrada en la figura será típica de aeropista, aunque en la figura se ejemplifican tres casos de carretera, donde la situación puede también, naturalmente presentarse.



El subdren consiste en una zanja de profundidad adecuada como (mínimo quizá de 1 a 1.5 M. habiéndose llegado a construirla hasta de 4.00 M), provista de un tubo perforado en su fondo y rellena de material filtrante; el agua colectada por el tubo se desloja por gravedad a algún bajo o cañada en que su descarga sea inofensiva. Un croquis de tal subdrén puede verse en la figura.



SECCION TRANSVERSAL DE UN SUBDREN LONGITUDINAL DE ZANJA, SEGUN LA PRACTICA MEXICANA (SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS).

La figura de los drenes longitudinales tambien ilustra aquellos casos en que el dren haya de colocarse de un lado o los dos de una carretera o, inclusive en que hayan de disponerse tres o más zanjas, como podrá ser el caso en las amplias secciones de las autopistas modernas o en las aeropistas; en estos últimos casos, es muy común combinar la acción de estos drenes longitudinales con interceptores transversales, de los que se hablará posteriormente. Las zanjas han de ser profundas y próximas si existe subpresión de agua bajo la sección de la vía terrestre.

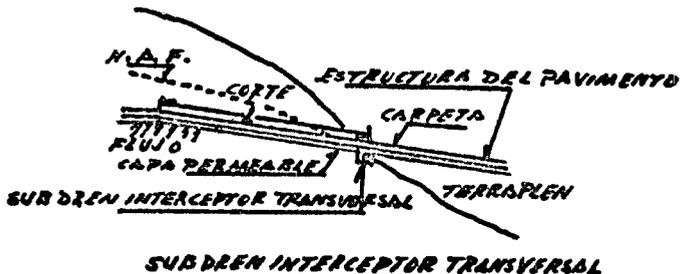
Cuando el terreno en que se construyan sea blando y húmedo, deberá cuidarse dar un espesor suficiente de material de filtro en el fondo de la zanja para garantizar una plantilla estable, que permita dar al tubo pendientes permanentes y protegerlo, es frecuente construir, en este caso, la plantilla con un concreto pobre.

Subdrenes interceptores transversales.

Son dispositivos de drenaje análogos en principio a los subdrenes de zanja y lo único que los distingue es la dirección en que se desarrollan, que ahora es normal al eje de la vía terrestre.

El caso típico de la instalación de estos subdrenes en carreteras se ilustra en la figura en la que se muestra una transición de una sección en corte a una sección en terraplén. De no colocar el subdrén transversal interceptor podría suceder que el flujo del agua proveniente del corte entrase en el terraplén, provocando en éste asentamientos o deslizamientos. El efecto del dren interceptor puede incrementarse mucho en casos como el de la figura si en una cierta longitud se coloca una capa permeable drenante a ambos lados del mismo.

Los drenes interceptores transversales deben de ser capaces de eliminar muy rapidamente las aguas que les lleguen por lo que en ellos son particularmente críticos los requerimientos de permeabilidad



Drenes de penetración transversal.

Los drenes de penetración transversal denominados por la -- práctica americana drenes horizontales son instalaciones de subdrenaje que responden específicamente a la necesidad de abatir del interior de los taludes del corte las presiones generadas por el agua que sean susceptibles de provocar la falla del corte.

Consiste sencillamente en tubos perforados en toda su periferia que penetran en el terreno natural en dirección transversal al eje de la vía, para captar las aguas internas y abatir sus presiones neutrales.

Se construyen efectuando primeramente una perforación de -- 7.5 a 10 cm. de diámetro, para lo cual existe una maquinaria apropiada; automática y provista de movimiento propio -- de avances y retroceso, para facilitar las maniobras. Dentro de la perforación se coloca el tubo perforado de 5 cm. de diámetro generalmente, el cual suele ser galvanizado o tener una película de asfalto, como protección contra la -- corrosión.

El tubo se coloca con una inclinación hacia la vía comprendida entre 5% y 20%; 10% es una pendiente muy común.

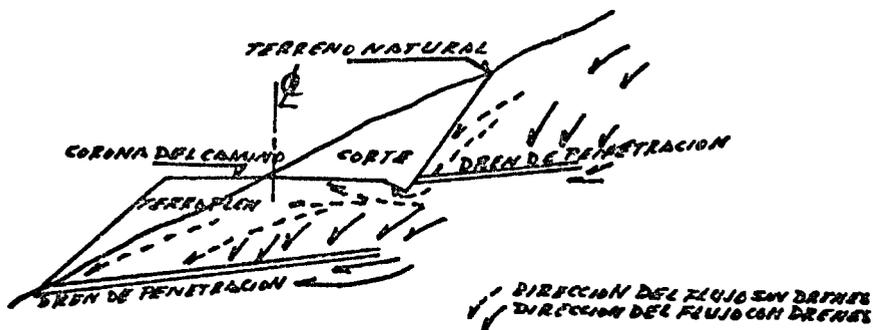
La longitud de los drenes de penetración transversal depende mucho de la geometría de la zona en que se instalan, tal

como se discutirá brevemente más adelante, pero resulta fá--
cil hacerlos de 50 a 70 M. y muchas veces se han hecho de --
más de 100 M.

Naturalmente que la naturaleza del terreno en que se insta--
lan tienen mucho que ver con este aspecto.

Como ya se ha dicho, los drenes de penetración transversal -
tienen por objeto drenar el agua y/o abatir sus presiones --
neutrales en grandes extensiones, mayores de las que puede -
alcanzar cualquier otro método de subdrenaje. También modifi
can, usualmente en forma favorable la dirección de las fuer-
zas de filtración.

Por ello su campo natural de aplicación los taludes de los -
cortes y las laderas naturales, especialmente cuando sirven-
de apoyo a un terraplén. Se requiere un gran número de drenes
para lograr buena eficiencia y en terrenos impermeables o en
masas de roca agrietada, sin fácil comunicación interna, su
zona de influencia puede ser relativamente pequeña, de mane-
ra que se requieren espaciamentos cortos; es frecuente ver-
los hasta cinco metros uno del otro y en dos o más hileras -
separadas por un espaciamiento vertical similar; diez metros
es un espaciamiento muy común. La figura muestra un croquis-
de su colocación y efectos para el caso de una sección en --
balcón de una carretera.



ESQUEMA DE LA INFLUENCIA DE LOS
DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACION EN
UN CORTE DE BALCON.

Los drenes de penetración transversal deben instalarse de manera que puedan ser objeto de un mantenimiento durante su conservación normal de la vía terrestre. Este mantenimiento consiste en su limpieza interior, incluyendo el destapar sus perforaciones.

Para ello existe la maquinaria apropiada, generalmente a base de cepillos con cerda metálica, integrados a máquinas de acción mecánica. Esta necesidad obliga muchas veces a la construcción de túneles a grandes tubos que proporcionen acceso a la boca de los drenes.

Las dos formaciones en donde es probablemente más difícil instalar drenes transversales en las arenas finas finosas y los suelos que contienen grandes boleos y fragmentos de roca; la primera por su tendencia a derrumbarse y formar cavidades durante la perforación y la segunda por las dificultades provenientes de la dureza y la heterogeneidad, que restan eficiencia a la operación y elevar los costos.

Debe entenderse claramente que el objetivo fundamental de los drenes es abatir las presiones neutrales en las masas de suelo cuya estabilidad interesa.

El éxito no necesariamente puede medirse por la cantidad de agua que los drenes colecten. Pudiera suceder que se interceptase un acuífero muy permeable, con agua libre y en tal caso el gasto drenado podrá ser impresionante; pero también podrá ocurrir que los drenes se instalen en formaciones arcillosas impermeables, en que logren muy eficientemente abatir las presiones de poro y en que contribuyen mucho a la estabilidad, pero colectando cantidades de aguas mínimas. El dren transversal lleva la presión atmosférica hasta donde penetra y establece una zona de influencia con presión creciente hacia la periferia, que produce un beneficio en un cierto volumen de suelo. Dentro de la zona de influencia, el agua tiende a fluir hacia el dren, pero la cantidad que llegue depende ante todo de la permeabilidad de la formación. Se ha dicho que en los suelos en que es más interesante abatir la presión de poro

pueden ser masas de arcilla y en ellos dificilmente podrán -
esperarse grandes gastos.

Es común que el gasto colectado tenga variaciones estaciona-
les.

CONSERVACION

1.-PAVIMENTOS.

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren -- una serie de deterioros o fallas que al manifestarse - en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario.

Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, debido a condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los - agentes climáticos. Considerando que, de todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo y seguro, será por demás importante el corregir oportunamente su deterioro para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción para su arreglo. Por ello es lógico que una gran parte del esfuerzo en la conservación de carreteras se dedique a estas labores.

Aquí se dan los procedimientos a que deberá sujetarse - en términos generales, las labores que son más usuales para conservar en buenas condiciones la superficie de rodamiento, cuando está constituida por un pavimento - flexible, de acuerdo con el siguiente orden:

1-01 Relleno de grietas.

1-02 Renivelación.

1-03 Bacheo.

1-04 Riego de sello.

1-05 Rastros y/o recargue en caminos o terrace---
rías.

1-01 RELLENO DE GRIETAS.

Las grietas son una manifestación muy frecuente de fa-

lla y su causa puede tener origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los mate riales subyacentes.

Los lineamientos generales que se tomarán en cuenta pa ra efectuar la corrección de las grietas, según el tipo de las mismas, son los siguientes:

- A) Grietas aisladas cuya profundidad no sobrepase el -
espesor de la capa de base. El procedimiento para -
su reparación será:
- 1.-Cuando el ancho de la grieta sea de 3 mm., o menor-
se rellenará con un producto asfáltico cuya fluidez
a la temperatura de aplicación especificada garanti-
ce la penetración. De preferencia deberá usarse as-
faltos rebajados de fraguado rápido.
 - 2.-Cuando el ancho de la grieta sea mayor de 3 mm., se
rellenará, ya sea con una mezcla de producto asfál-
tico y aréna, cuya fluidez garantice una adecuada -
penetración o bien con capas alternas de arena y --
producto asfáltico, cuidando que la última capa sea
siempre de producto asfáltico.
 - 3.-Al terminar el relleno de la grieta deberá extender
se el producto o mezcla asfáltica sobrante que hu--
biere quedado sobre el nivel de la carpeta.
 - 4.-En ningún caso deberá ampliarse una grieta para ob-
tener mejor penetración del material de relleno.
- B) Grietas aisladas cuya profundidad llegue a las ca--
pas de sub-base o terracerías.

En estos casos será muy importante el estudiar la -
causa de la falla, para poder definir la solución y
procedimiento de reparación más adecuada. En térmi-
nos generales, este procedimiento podrá consistir -
en abrir caja en el ancho mínimo necesario para tra
bajar, preferentemente hasta el fondo de la grieta-
y proceder a su relleno en forma semejante a la des
crita en lo correspondiente a bacheo.

C) Grietas abundantes en carpeta firme.

Por su número no pueden rellenarse individualmente, -
debiendo repararse la carpeta con un tratamiento gene
ral de toda la superficie de rodamiento, de acuerdo -
con los siguientes lineamientos:

- 1.-Si las grietas son de un ancho hasta 3 mm., y la base se encuentra en buen estado, podrá efectuarse un tratamiento superficial, como riego de sello mortero asfáltico.
- 2.-En caso de que las grietas tengan un ancho promedio superior a 3 mm., y la base se encuentra en buen estado deberá programarse la construcción más adecuada, - que en general podrá ser una carpeta nueva o una sobrecarpeta.

D) Agrietado abundante, con porciones de carpeta suelta sobre base en buen estado, sin deformaciones permanentes.

- 1.-Cuando se presenta en zonas aisladas, deberá removerse la carpeta en dicha zona y proceder a la reparación de acuerdo con lo indicado en bacheo y renivelación.
- 2.-Cuando el área de la zona dañada sea superior al 50% del área total de la superficie de rodamiento, deberá removerse el total de la carpeta asfáltica y proceder a construir una nueva.

E) Grietas paralelas acompañadas de deformaciones.

Como generalmente este tipo de grietas es producido por fallas en las capas inferiores adyacentes a la carpeta deberán efectuarse en cada caso los estudios necesarios para determinar la causa de la falla y suprimirla, aplicando el tratamiento adecuado antes de reponer la carpeta.

1-02 RENIVELACION.

Es conjunto de labores requeridas para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel origi

nal.

La manera de efectuar las renivelaciones será la que a continuación se indica:

- A) En caso de deformaciones pequeñas, del orden de 1 a 3 cms., podrán corregirse empleando el sistema de riegos.
- B) Cuando las deformaciones sean superiores a los 3 cms., se usará para su corrección mezcla asfáltica, de acuerdo con lo siguiente:
 - 1.-La zona por renivelar deberá limpiarse de materia extraña tal como tierra, yerbas, desechos de animales u otros.
 - 2.-Deberá definirse y marcarse el área por renivelar siguiendo aproximadamente el perímetro que abarque en su totalidad la zona fallada.
 - 3.-Una vez definida el área por renivelar, se abrirá una caja perimetral de aproximadamente 5 cms., de ancho y espesor, con objeto de evitar espesores en las orillas de la renivelación, así como que la mezcla se corra.
 - 4.-Excepción hecha de cuando este constituida por una base impregnada o una carpeta de riego, deberá picarse la superficie de rodamiento en la zona por renivelar, cuando un espaciado aproximado entre cada golpe de zapapico de 30 cms., barriendo a continuación el material excedente.
 - 5.-Se dará un riego de liga, con el tipo de producto asfáltico y temperatura que marquen las Especificaciones de acuerdo con lo siguiente:
 - a) El asfalto deberá cubrir uniformemente y en su totalidad el área por reparar.
 - b) La dosificación debe ser tal que logre la perfecta adhesión a la mezcla asfáltica, sin producir exceso de asfalto en la superficie.
 - c) Se dará el tiempo necesario de fraguado a fin de evitar solvente atrapado y deslizamiento.
 - 6.-La mezcla asfáltica deberá cumplir con las especifica

caciones de materiales para carpeta o base asfálticas, pero variando el tamaño máximo del material pétreo, -- de acuerdo con el espesor de la capa por construir, en forma tal que nunca exceda el 40% de la mezcla.

7.-Las capas deberán compactarse con rodillo o aplanadora, desde las orillas hacia el centro. El pisón - de mano solo deberá usarse en compactación de renivelación poco profunda y cuya especie no exceda de 4 M2. En ningún caso deberá dejarse la zona renivelada a la acción del tránsito, sin antes darle la debida compactación.

8.-Deberá sellarse la zona renivelada en un lapso no mayor de un mes.

1-03 BACHEO.

Es el conjunto de labores requeridas para reponer - una porción de la superficie de rodamiento que ha - sido destruida y removida por el tránsito. Estas -- porciones, se dividen por su tamaño en calaveras y baches, según sea su dimensión mayor, ya sea inferior o superior a 15 cms., respectivamente.

A) Calaveras.-La calavera debe atenderse oportunamente para impedir que se convierta en bache y origine mayor costo de reparación y serios perjuicios al tránsito.

El procedimiento para su reparación debe ser el siguiente:

1.-La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña tal como tierra, yerbas, desechos de animales u otros y removerse el material suelto de la superficie de rodamiento.

2.-La zona por reparar deberá estar seca. Si las condiciones climáticas locales y la falta de equipo adecuado no lo permiten y existe la urgencia de efectuar el trabajo deberá usarse los productos asfálticos y los aditivos que recomienda el laboratorio.

- 3.-Deberá darse en la zona por reparar un riego de liga con el tipo de producto asfáltico y temperatura adecuada, de acuerdo con las Especificaciones Generales de Construcción.
 - 4.-La calavera deberá rellenarse con mezcla asfáltica, elaborada de acuerdo con las Especificaciones, pero con material pétreo no mayor del 40% de la profundidad de la oquedad. Deberá ponerse la mezcla en un volumen superior aproximadamente en un 20% al de la oquedad, con objeto de que al compactarse quede al nivel de la superficie de rodamiento.
 - 5.-Deberá compactarse con rodillo ligero o pisón, pero nunca dejarse sin la debida compactación a la acción del tránsito.
- B) BACHES.-Los baches se dividen en profundos o superficiales, siendo éstos últimos los que afectan exclusivamente a la carpeta.
- El procedimiento para su reparación debe ser el siguiente:
- 1.-La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña tal como tierra, yerbas, desechos de animales u otros.
 - 2.-Deberá definirse y marcarse el área por reparar, cuidando que tenga forma rectangular y que dos de sus lados sean perpendiculares al eje del camino.
 - 3.-De acuerdo con el área delimitada, se efectuará la excavación, llegando hasta la profundidad necesaria para remover todo el material alterado, ya sea por exceso de agua o de arcilla.
 - 4.-Si al efectuar la excavación se ve la necesidad de aplicar el área del mismo, para poder remover todo el material alterado, la aplicación respectiva deberá ser a su vez rectangular y de lados paralelos y perpendiculares al eje del camino.
 - 5.-Se completará la excavación hasta la profundidad pre

fijada cuidando de obtener paredes verticales en los ex tremos y de remover todo el material suelto.

- 6.-En el caso de baches profundos, la excavación deberá ser más amplia en la capa de carpeta, para que al re construirla cubra la unión o la junta entre capas in feriores.
- 7.-En el caso de baches profundos, para obtener condi-- ciones de trabajo apropiadas que garanticen la debida colocación y compactación del material con el que se rellene la oquedad, deberán considerarse los siguien tes lineamientos:
 - a) Si la profundidad es de 40 cms., o mayor, el ancho - mínimo deberá ser de 60 cms.
 - b) El lado menor deberá ser cuando menos el doble del - ancho del pisón ó $1\frac{1}{2}$ el ancho del rodillo ligero.
- 8.-El bacheo se efectuará con mezcla asfáltica, que cum pla con las especificaciones de materiales para car- peta y/o bases asfálticas. Cuando la oquedad tenga - una profundidad mayor de 7 cms., deberá rellenarse - en varias capas.

La capa superficial deberá tener de 4 a 6 cms., de - espesor suelto y en ella podrá usarse material pé--- treo hasta de 19 mm., ($3/4''$). Las capas inferiores - deberán tener un espesor suelto no mayor de 10 cms., y en ellas se podrá usar material pétreo con tamaño- máximo de 38 mm., ($1\frac{1}{2}''$).
- 9.-La capa superficial deberá dejarse ligeramente exce- dida de volumen, aproximadamente en un 20% para que- al compactarse quede al mismo nivel de la superficie de rodamiento existente.
- 10.-En caso de baches profundos, y cuando se considere - económico el procedimiento podran construirse las ca pas inferiores con materiales de los usados en la -- construcción de sub-bases o bases, cuidando de que - se cumpla con los siguientes requisitos:

TERRACERIAS.

Se llama rastreos al reacomodo de material de la capa superficial de un camino con superficie de rodamiento - revestida o de terracerías, que da a la sección transversal sus condiciones originales, pudiendo ser necesario en algunos casos efectuar recargues del material correspondiente.

Los rastreos y/o recargues deberán efectuarse como mínimo cada 6 meses, de preferencia antes de iniciarse la época de lluvias y al término de la misma, para lograrlo siguiente:

- a) Que la sección transversal conserve el bombeo o sobre elevación adecuados, y permita un buen escurrimiento del agua superficial.
- b) Que la superficie de rodamiento este exenta de ondulaciones y depresiones.
- c) Garantizar la transitabilidad del camino aún durante la época de lluvias.

Los rastreos o recargues deberán sujetarse a los siguientes lineamientos:

- A) Recargues.-Antes de iniciar el rastreo, si se han -- producido baches, asentamientos, deformaciones y/o -- en el caso en que la capa superficial ya se encuentre muy delgada, deberá efectuarse un recargue de material seleccionado, cuidando que se cumplan los siguientes requisitos:
 - 1.-El material deberá llenar los requisitos fijados en las Especificaciones para materiales empleados como superficie temporal de rodamiento de caminos y aeropuertos.
 - 2.-El tamaño máximo de material pétreo en la capa superficial podrá ser hasta de 76 mm., (3") y no deberá tener más de 5% de partículas mayores de ese tamaño.
 - 3.-El volumen del material por emplearse será el necesario para obtener un espesor mínimo del recargue de 10 cms.

- B) Rastreos.-Una vez efectuado el recargue del material se procederá al rastreo de acuerdo con lo siguiente:
- 1.-El material deberá ser húmedo; si no tiene la humedad adecuada deberá añadirsele el agua necesaria.
 - 2.-Deberá escarificarse la capa superficial antes de tender la nueva capa, para evitar encarpetamientos.
 - 3.-Al término del tendido, deberá de preferencia compactarse la nueva capa, sin embargo, si no se cuenta -- con el equipo necesario, podrá efectuarse rastreos - y/o recargues y dejar la capa sin compactar a la ac--ción del tránsito.
 - 4.-Si no se requiere recargue, el rastreo consistirá en hacer rebajes en las partes salientes para llenar -- con ese material las depresiones. Si se considera -- conveniente, se dará un riego de agua y se dejará -- que éste penetre en el material flojo, compactándolo posteriormente.

2.-Obras de Drenaje.

2-01 INSPECCION Y PROGRAMACION.

En cualquier labor de conservación relacionada con - el drenaje, la base para lograr un funcionamiento -- eficiente del mismo, será disponer de un sistema de- inspección establecido que permita una adecuada pro- gramación de los trabajos.

- A) Deberán efectuarse como mínimo dos inspecciones al - año de todo el sistema, de manera que una de ellas - se lleve a cabo con la anticipación suficiente para- programar las labores de limpieza y reparaciones ur- gentes y terminarl~~as~~ antes de la temporada de llu- -vias.-Al término de dicha temporada deberá efectuarse otra inspección general, con objeto de apreciar los- desperfectos que las obras puedan haber tenido y programar su reparación durante la temporada seca.
- B) Independientemente de las anteriores, deberán efec- -tuarse e~~inspecciones~~ inspecciones durante las lluvias fuertes o - tormentas y despues de ellas, ya que éstas serán las

únicas maneras efectivas de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.

C) Durante la temporada de lluvias deberá dárseles atención preferente a las labores de limpieza, efectuando las con la periodicidad necesaria para cumplir con las normas que se dan más adelante.

D) Es necesario decir que las obras de drenaje, las labores de conservación no deberán limitarse a mantener en buenas condiciones las existentes, sino que debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir los efectos u omisiones de proyecto o construcción, que se considera necesarias.

2-02 LIMPIEZA DE CUNETAS Y CONTRACUNETAS.

Es la remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, yerbas, troncos u otros que reduzcan las secciones de las cunetas y contracunetas impidiendo el escurrimiento libre del agua.

Las cunetas son zanjas de sección determinada construídas en uno o ambos lados de la corona de los cortes, destinadas a recoger y encausar hacia fuera del corte, el agua que escurre por los taludes de los cortes.

Las contracunetas son canales de sección y ubicación determinada que se construye en las laderas del lado aguas arriba de una obra vial, que tiene por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra.

En ningún caso deberá permitirse que una cuneta o contracuneta tenga azolve u otro obstáculo que ocupe más de un tercio de su profundidad.

A) Cunetas.

- 1.-Se removerá perfectamente toda la materia extraña, tal como la tierra, piedras, yerbas, troncos u otros que hubiera en la sección de la cuneta.
- 2.-El material removido deberá cargarse y depositarse dentro del derecho de vía, donde no puede ser arrastrado por las aguas hacia la corona del camino, cunetas -

o alcantarillas. Si tiene la calidad adecuada, podrá -- usarse en recargues de taludes de terraplén, o en la de bida colocación que no afecte la estabilidad del mismo.

3.-Si la cuneta está zampeada, al hacer su limpieza deberá cuidarse de no deteriorar el zampeado, éste debe rá revizarse a efecto de corregir cualquier defecto que permita filtración de agua.

4.-Si la cuneta no está zampeada, deberá extremarse los cuidados para lograr al término de la limpieza una - sección transversal y pendiente longitudinal que ga- rantice el libre escurrimiento de agua.

B) Contracunetas.

1.-Deberá removerse el azolve y depositarse formando un bordo de sección uniforme, paralelo a la contracune- ta del lado de abajo de la ladera.

2.-Deberá vigilarse que no haya obstáculos grandes, que impidan el libre escurrimiento del agua. En caso de haberlos deberán removerse a la mayor brevedad posi- ble.

3.-Debido a las fuertes pendientes, es frecuente que el escurrimiento provoque erosiones. En estos casos de- berá hacerse escalones zampeados o zampear y recu- - brir con concreto hidráulico o mezcla asfáltica to- - das las zonas afectadas.

4.-Cualquier socavación, grieta u oquedad en el piso o- paredes de una contracuneta que permita filtración - de agua, es un extremo peligrosa puede efectuarse la estabilidad del talud del corte. En caso de haberlas deberán corregirse de inmediato con el procedimiento que se considere más adecuado, al cual puede consis- tir en rellenarlas con concreto hidráulico, mezcla - asfáltica o mampostería y recubrir o zampear la zona adyacente.

5.-Cuando un corte no tenga contracuneta y se proyecte- construir las, será un extremo importante, efectuar -

sondeos y estudios previos, ya que en muchos casos el terreno tiene grietas, fisuras o una estratificación inadecuada, al hacer la cuneta originará filtraciones de agua que puedan provocar la inestabilidad del talud. En tales casos, de acuerdo con los estudios y sondeos deberá definirse la solución más conveniente.

2-03 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS.

En la remoción de materiales ajenos, tales como tierra, yerbas, piedras, troncos u otros que obstruyan la entrada salida o el interior de la alcantarilla, impidiendo el libre escurrimiento del agua.

Se llama alcantarilla a una estructura de claro menor 6 metros; con colchón o sin él, o mayor de 6 Metros con el colchón, que tiene por objeto permitir que el paso del agua en forma tal, que el tránsito de una obra vial puede ser permanente en todo tiempo bajo condiciones normales o anormales previstas existen además algunos otros tipos de obras especiales como son acueductos y sifones, cuyos trabajos de conservación son similares, por lo que se incluirán en este inciso.

La limpieza de alcantarillas deberá efectuarse por lo menos dos veces al año, una antes de la temporada de lluvias y otra durante ésta, de acuerdo con resultados de las inspecciones y tiene por objeto lograr que en ningún caso lleguen a tener azolve u otro obstáculo que obstruya mas del 20% del área de la sección transversal o que en altura sobrepase la 3a. parte del clero vertical de la alcantarilla.

La limpieza de alcantarillas será de acuerdo con lo siguiente:

- A) Deberá removerse toda materia extraña como yerba, tierra, piedras, u otros que hubiere en la alcantarilla no solo en los extremos sino a todo lo largo de la misma.
- B) Material extraído debe depositarse dentro del derecho de vía, donde no pueda ser arrastrado nuevamente --

hacia la misma obra, de la corona del camino cunetas y -
contracunetas. De preferencia no deberá ser depositada -
en la salida de la alcantarilla, salvo en caso de que la
pendiente garantice su arrastre por el agua cuidando ---
siempre de colocarlo en forma tal que no pueda ser obstá-
culo al libre escurrimiento del agua.

- C) No deberá permitirse el crecimiento de yerbas, arbus-
tos en la entrada y salida de las alcantarillas. En -
caso de haberlos deben ser arrancados de raíz.
- D) Cuando una alcantarilla se azolve con frecuencia, de-
berá estudiarse y corregirse la causa, ya que pudiera
ser necesario efectuar modificaciones a la existencia
o construir una nueva.

2-04 LIMPIEZA DE CANALES DE ENTRADA Y SALIDA.

La remoción de azolve u otro material que obstruya la
sección de los causes naturales o artificiales que --
conducen el agua hacia la obra de drenaje, así como -
los que facilitan el libre escurrimiento de aquella a
su salida.

Se llama canales a las rectificaciones de cruces me-
diante excavaciones, que se efectúan para encausar el
agua hacia la obra de drenaje, o bien permitir el li-
bre escurrimiento de la misma, una vez que ha pasado-
por dicha obra.

La limpieza de canales de entrada y salida se sujeta-
rá a lo siguiente:

- A) Deberá removerse toda la materia extraña que hubiere-
en el canal, tal como tierra, piedras, yerbas u otros
- B) El material removido deberá depositarse de preferen-
cia dentro del derecho de vía, donde no pueda ser ---
arrastrado nuevamente por las aguas hacia la corona -
del camino, cunetas, contracunetas o alcantarillas.
- C) Deberá cuidarse que, al término de la limpieza, la --
sección transversal y la pendiente longitudinal del -
canal sean tales, que garanticen el libre escurrimien-
to del agua.
- D) Con frecuencia será conveniente construir desarenado-

res en los canales de entreda, especialmente en los acueductos o sifones. Esto deberá atenderse adecuadamente para mantenerlos limpios y lograr que trabajen eficientemente.

E) Supuesto que con frecuencia en los caminos los canales de entrada y salida se prolongan más alla del derecho de vía, deberá trabajarse de común acuerdo con los propietarios de los terrenos asyacentes, a fin de lograr que esos canales se mantengan limpios, así como evitar construcciones o modificaciones en ellos que puedan provocar desperfectos en el camino. En caso de que así convenga, podrá el personal de la Secretaría efectuar estos trabajos siempre y cuando el propietario de los de las facilidades necesarias.

F) En caso de que los propietarios de los terrenos adyacentes al derecho de vía necesiten construir bordos de protección o encausar aguas que crucen el camino, deberán cumplirse siempre las disposiciones legales vigentes.

En ellas se menciona que el importe de los daños que ocasionen al camino las aguas que provengan de un predio será cubierto por los dueños de dichos predios. Sin embargo el personal encargado del camino deberá vigilar y coordinar las obras, a fin de evitar que esos perjuicios lleguen a ocurrir y en el caso de que haya ocurrido, efectuar las modificaciones necesarias para evitar que se repitan.

2-05 REPARACION DE OBRAS DE DRENAJE.

Son constantes las modificaciones que pueden y deben hacerse a las cunetas, contracunetas, canales y alcantarillas para obtener un funcionamiento más eficiente del sistema. Para lograr lo anterior, deberá contarse con material experimentado para ejecutarlos correctamente.

Las reparaciones de obras de drenaje deberán sujetarse a lo siguiente:

- A) Cunetas.-Cualquier oquedad en el zampeado o construcción parcial del mismo, deberá reponerse cuidando que la piedra, mortero y procedimiento de ejecución se ajuste a las Especificaciones Generales de Construcción.
- B) Contracunetas.-Cualquier oquedad deberá rellenarse con mampostería o concreto hidráulico o mezcla asfáltica que cumplan con las Especificaciones correspondientes.

Los zampeados que se construyan para proteger el relleno de estas oquedades o aristas de escalones, deberán también ajustarse a las Especificaciones.

- C) Canales.-Es frecuente que el agua provoque erosiones en las paredes y pisos de los canales, lo que además de alterar su trozo, pendiente y sección, puede provocar que el material erosionado se acumule o deposite en la alcantarilla. Cuando mediante modificaciones a la sección no pueda evitarse la erosión, deberá estudiarse la conveniencia de zampear las zonas afectadas o construir desarenadores cuidando que al efectuar los trabajos se cumpla -- con las Especificaciones.

D) Alcantarillas.

- 1.-Muros de cabeza y aleros.-Deberá vigilarse con especial cuidado la zona de cimentación y corregirse cualquier signo de erosión que pueda llegar a provocar socavación.

La erosión puede corregirse mediante recubrimiento o zampeado de la zona afectada. En caso de socavaciones será indispensable rellenarlas previamente con mampostería o concreto y recubrir o zampear -- después la zona expuesta a la erosión.

Es también frecuente que el agua erosione las juntas de mampostería, especialmente en los casos de aguas salinas.

En estos casos al reconstruirlos deberán usarse morteros con alto contenido de cemento.

En caso de destrucción parcial o total de aleros o muros de cabeza, ya sea por la acción del agua o de --- cualquier otro elemento, deberán reconstruirse, cuidando que tanto el material como procedimiento de cons--- trucción se cumpla con las Especificaciones. Está prohibido reparar con mampostería muros o aleros de concre- to hidráulico.

2.-Tubos de lámina corrugada. Las juntas de las dife-- rentes secciones deberán calafatearse periódicamen- te con mastique asfáltico, para evitar filtraciones. Esto será particularmente importante en alcantari-- llas que conduzcan aguas de riego, o que trabajen - en forma permanente. Si se encuentran secciones de- formadas, presentando abolladuras o corrosión del - material, y que por su magnitud lo ameriten, debe-- rán programarse y efectuarse a la mayor brevedad posible la sustitución de tales secciones.

3.-Tubos de concreto. Las juntas entre secciones debe-- rán calafatearse periódicamente con mastique asfál- tico, para evitar filtraciones. Para impedir corro- sión del fierro de refuerzo o filtraciones, habrá - que corregirse las grietas o quebraduras que puedan presentarse.

Las de hasta 5 mm., de ancho se corregiran rellenan-- dose con mastique asfáltico; si son de un ancho ma- yor, deberán corregirse con mortero de cemento, cuidando de obtener una superficie lisa y uniforme. Si la magnitud de la falla lo amerita deberá programar se y efectuarse a la mayor brevedad posible la sus- titución de los tramos afectados.

4.-Alcantarillas de losa o bóveda. En estos tipos de - obra la plantilla está generalmente constituida por un recubrimiento de concreto o zampeado, que deberá

inspeccionarse cuidadosamente para corregir cualquier grieta u oquedad que en el se encuentre. Con frecuencia será necesario colocar en el piso de la alcantarilla -- una nueva capa, ya sea de zampeado o concreto y en este caso deberá darse la pendiente adecuada y cumplir con -- las Especificaciones respectivas.

Será necesario corregir a la brevedad posible cualquier desperfecto o destrucción parcial o total de las guarni ciones de la losa, puesto que sirve de contención al -- colchón, proporcionándole estabilidad y evitando que ha ya obstrucciones por caída del material en la entrada y salida de la alcantarilla.

En caso de que haya drenes en los muros de la bóveda o alcantarilla o en la losa de ésta última, deberá revisar se y limpiarse periódicamente para lograr su buen funcio namiento.

5.-Puentes. Los puentes deberán ser atendidos cuidadosa mente, efectuando limpieza periódica a los drenes de su calzada. Asimismo cualquier desperfecto en banque tas o parapetos ocasionados por colisión de vehícu-- los deberán ser corregidos.

3.-ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VIA.

3-01 GENERALIDADES.

Derecho de vía es la faja de terreno cuyo ancho co-- rresponde determinar a la Secretaría y la cual se re quiere para la construcción, conservación, recons-- trucción, ampliación, protección y en general para -- el uso adecuado de una vía de comunicación y de sus servicios auxiliares.

Zonas laterales del derecho de vía son las porciones del mismo, no ocupadas por la estructura del camino. ANCHOS, BASES LEGALES.

En general el ancho es de 20 Mts., a cada lado del -- eje de las carreteras, aunque por condiciones espe-- ciales se fijan anchos mayores o menores, según con-

vengan.

Las principales bases legales que norman el derecho de vía de las carreteras y consecuentemente, las zonas laterales del mismo son las siguientes:

- 1.-El derecho de vía es propiedad de la Nación, inalienable, imprescriptible y no debe ser usado para fines -- distintos a su naturaleza.
- 2.-El uso del derecho de vía será exclusivamente el derivado de la operación del camino. Está por ello prohibido que los colindantes a la carretera u otras personas. o entidades lo ocupan para cualquier otro fin. Asimismo se prohíbe ejecutar dentro del derecho de vía cualquier tipo de construcción ajena al camino.
- 3.-Sin la autorización expresa de la Secretaría, está -- prohibido extraer materiales del derecho de vía a entidades o personas ajenas a dicha Dependencia Federal.
- 4.-Para hacer cualquier clase de construcciones adyacentes al derecho de vía, o para deslindar propiedades -- limítrofes, se requiere el permiso de la Secretaría. Concedido el permiso, en caso de que éste proceda, -- la Secretaría determinará el alineamiento oficial correspondiente.
- 5.-Los perjuicios que se causen al camino directa o indirecta por los trabajos que se ejecuten en los predios colindantes, serán pagados por los dueños de dichos -- predios, salvo caso fortuito o de fuerza mayor.
- 6.-Cuando se necesite hacer en los caminos nacionales -- obras que exijan su ocupación o rotura, previamente -- deberá solicitarse a la Secretaría un permiso por escrito, el cual se podrá otorgar por tiempo determinado. El interesado afectará la carretera solamente hasta tener la autorización escrita de la Secretaría, -- contestando la solicitud anterior. El interesado deberá cubrir, además el importe de la obra en cuestión, -- el correspondiente a la reposición del camino a su es-

tado original.

7.-Se prohíbe conducir aguas por el derecho de vía y para lelas al eje de la carretera, así como ocupar con ellas sus cunetas o zanjas de desagüe.

Las aguas de cualquier clase, procedentes de terrenos-vecinos a los caminos solo podrán hacerse pasar por éstos de conformidad con el reglamento respectivo y por-cunetas de los dueños de las aguas.

8.-Todo el que ejecute obras ajenas a los caminos, pero - que de alguna manera puedan afectarlos, está obligado - a mantener dichas obras en buen estado de conservación. En caso de no cumplir dicha obligación, la Secretaría- hará por cuenta de los interesados los trabajos que -- sean necesarios, para evitar que las obras sigan cau-- sando perjuicios al camino.

9.-Se prohíbe el establecimiento de vías férreas o tran-- vías a lo largo de los caminos y en su derecho de vía.

3-02 DESMONTE.

Es el despoje de la vegetación existente en el derecho de vía en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de material vegetal en el cuerpo - de la obra, impedirdaños a la misma y permitir buena - visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y lo ordeñado en la Secretaría. Comprende la ejecución - de alguna, algunas o todas las operaciones siguientes:

- A) Tala, que consiste en cortar árboles o arbustos.
- B) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- C) Desenraice, que consiste en sacar los troncos con todo y raíces y cortando éstas.
- D) Limpia y quema, que consiste en retirar el producto -- del desmonte al lugar que indique la Secretaría, esti- barlo y quemar lo no utilizable.

Deberá efectuarse el desmonte de las zonas laterales - del derecho de vía periódicamente, principalmente las- operaciones de tala y roza, ya que la existencia de ár

boles y yerbas se considera inconveniente por las siguientes razones:

- 1.-Resta visibilidad al usuario del camino.
- 2.-Tapa parcial o totalmente el señalamiento, reduciendo su eficiencia o anulándolo.
- 3.-Propicia el incremento de humedad del suelo, lo cual puede ser perjudicial.
- 4.-Causa pésima impresión en el usuario, quien lo interpreta como signo de descuido en la conservación del camino.
- 5.-Propicia las invasiones del derecho de vía por los propietarios de predios colindantes.

Procedimientos.

A) Roza.

- 1.-Si se encuentra yerba en los acotamientos, deberá arrancarse de raíz.
- 2.-El corte de la maleza, yerba, zacate, así como árboles o arbustos que inician su crecimiento, deberá efectuarse tan al ras, como la conformación del terreno lo permita.
- 3.-El producto del desyerbe deberá removerse y depositarse dentro de las zonas laterales del derecho de vía, en donde no pueda ser arrancado por las aguas a las obras de drenaje. De ser posible deberá quemarse, tomando las precauciones necesarias para que el fuego no se propague.
- 4.-Queda expresamente prohibido quemar la yerba o la maleza directamente para evitar su corte, por los peligros que presenta de propagarse el fuego.
- 5.-Cuando se requiera sembrar zacate u otras especies vegetales para ayudar a estabilizar un talud, deberá buscarse de preferencia, una variedad que no crezca más de 50 cms.

B) Tala.

- 1.-Previamente a cualquier trabajo de tala de árboles-

y arbustos en un desmonte, deberá recabarse la autorización correspondiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería.

2.-Todo el material aprovechable deberá ser estibado en los sitios adecuados dentro del derecho de vía. Dicho material quedará en beneficio del propietario -- afectado o bien si no existe pasará a la Dependencia del Ejecutivo que le corresponda, según las disposiciones legales en vigor.

3.-Deberán tomarse las precauciones necesarias para que no caigan ramas o troncos sobre la corona del camino. En caso de que existan posibilidades de que ésto suceda, deberá regularse la circulación con bandereros para evitar accidentes.

3-03 Obras Marginales.

Son aquellas obras situadas en las zonas laterales del derecho de vía, que contribuyen a una mejor utilización del camino por los usuarios.

Las obras marginales más frecuentes son:

- A) Accesos. Los accesos pueden corresponder a obras de tipo particular como gasolineras, restaurantes, hoteles u otros, o bien a obras de uso general como son accesos a poblados o entronques con otros caminos.
- B) Paraderos. Son estructuras diseñadas para permitir a las personas que esperan un autobús, guarecerse del sol o lluvia mientras llega el vehículo correspondiente.
- C) Miradores. Son zonas de estacionamiento, anexas a los caminos ubicados en lugares deseados los cuales se pueden admirar bellezas naturales.

Cualquier obra marginal que exista, o que se proyecte construir, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.-No interferir con la correcta operación y conservación del camino.
- 2.-Tener un aspecto decoroso, que no desmerezca la apariencia general de la carretera.

PROCEDIMIENTOS.

- A) Accesos. En cada caso particular, la porción del acceso situado dentro del derecho de vía podrá estar o no al cuidado de quienes conservan el camino.
- Si el acceso está al cuidado de quienes conservan el camino, se deberá prestar la misma atención que a éste y conservarlo de acuerdo con las condiciones anteriores.
- Si el acceso está al cuidado de otras personas o entidades, deberá exigir que le presten la atención debida para que no interfiera la correcta operación -- del camino y que se cumpla también con las condiciones anteriores.
- B) Paraderos. Los paraderos deberán estar conservados, cuidando los siguientes aspectos:
- 1.-Deberán pintarse periódicamente para que presenten un aspecto decoroso.
 - 2.-Deberán limpiarse tanto el paradero como la zona de estacionamiento, recogiendo la basura que hayan tirado los usuarios. Esta limpieza se deberá efectuar -- por lo menos una vez a la semana.
 - 3.-Deberá cuidarse expresamente el drenaje en la zona de estacionamiento.
- Los paraderos deben cumplir con los requisitos siguientes:
- 1º-Deberán ubicarse lo suficientemente alejados del camino, para permitir que el autobus se estacione fuera de la corona del camino.
 - 2º-Deberá construirse un acceso a la zona de estacionamiento del paradero, encauzando el tránsito mediante izleta o camellón que separe esa zona de la corona del camino.
 - 3º-Deberá colocarse con buena visibilidad. Como mínimo- deberá existir una tangente de 100 Mts., antes y después del paradero.
 - 4º-Deberá colocarse el señalamiento adecuado.
- Los paraderos que no cumplan con los requisitos ante

riores, deberán modificarse para lograrlo.

C) Miradores.-La conservación de los miradores se sujetará a lo siguiente:

1Q-Deberá prestarse la atención adecuada a la superficie de rodamiento.

2Q-Las isletas o camellones y las guarniciones o muros deberán pintarse de blanco y repintarse periódicamente para que presenten un aspecto decoroso.

3Q-Deberá efectuarse una limpieza, por lo menos una vez a la semana.

4Q-El desyerbe de la zona cercana al estacionamiento, deberá efectuarse con la periodicidad necesaria para que la yerba no sobrepase de 30 cms., de alto en los 5 Mts. aledaños.

5Q-Deberá prestarse atención especial al drenaje del estacionamiento.

Los miradores deberán cumplir con los requisitos siguientes:

1Q-Deberá existir una separación delimitando con isletas o camellón, entre la corona del camino y la zona del estacionamiento del mirador.

2Q-Deberá colocarse el señalamiento adecuado.

3Q-Deberá contar con muros o guarniciones que limiten el extremo exterior de la zona de estacionamiento.

4Q-De preferencia deberá empedrarse su superficie de rodamiento. Si esto no es posible, deberá ser de carpeta de un riego. En ningún caso podrán abrirse miradores con superficie de rodamiento de terrazas.

Los miradores que no cumplan con los requisitos, deberán modificarse para lograrlo.

3-04 RASTREOS.

Es el reacomodo del material superficial de las zonas laterales del derecho de vía.

Se efectúan para lograr los siguientes fines:

1.-Rellenar pequeños deslaves y evitar que estos se --

agranden o aumenten el número.

2.-Extender pequeños volúmenes de material depositado, - producto de limpieza de obras o desyerbes.

3.-Desyerbar y facilitar este trabajo en lo sucesivo, -- principalmente porque tiene un terreno uniforme permi te cortar la yerba más al raz o usar desyerbadora me- cánica.

4.-Obtener una superficie sensiblemente plana y unifórme que tiene las siguientes ventajas:

a) Propicia un mejor drenaje superficial, evitando que - se produzcan deslaves al disminuir la velocidad de es currimiento del agua.

b) Mejora el aspecto general del camino.

Procedimientos.

Los rastreos se efectuarán de acuerdo con lo siguiente

1.-Se harán con motoconformadora o tractor ligero..

2.-Deberá evitarse depositar el material arrastrado en - las contracunetas o canales.

3.-Deberá evitarse alterar el cause y la sección de con- tracunetas o canales.

4.-Deberá buscarse mejorar el drenaje del camino. Será - muy importante lograr que la término del rastreo se - obtengan superficies con la pendiente y dirección ade cuadas, que eviten los escurrimientos hacia el camino

4.-OBRAS DIVERSAS.

4-01 ACOTAMIENTOS.

Son las fajas comprendidas entre la orilla de la car- peta o de la superficie de rodamiento y la orilla de- la corona de un camino.

Los acotamientos además de proporcionar protección la teral a la superficie de rodamiento, sirven para esta cionamiento de emergencia y por lo mismo como zona de desaceleración.

Las labores de conservación de los acotamientos, de-- penderá del tipo de superficie de rodamiento existen- te, de acuerdo con lo siguiente:

- A) En camino con superficie de rodamiento revestida o de terracería, los acotamientos deberán tratarse - igual que el resto de la corona del camino.
- B) En caminos con carpetas deberá considerarse lo siguiente:
- 1.-La carpeta y el acotamiento podrán estar en la misma superficie o bien en superficies paralelas con desnivel máximo de 5 cms. siendo siempre en ese caso, la superficie de la carpeta la del nivel superior.
 - 2.-Los acotamientos deberán ser construidos atendiendo a las Especificaciones para base y protegidos - con riego de impregnación. Deberá construirse carpeta de un riego o en caso de que el volúmen de tránsito lo justifique, de mezcla asfáltica. En ambos-casos, deberá buscarse en los acotamientos, una --textura más rugosa que la de la superficie de rodamiento.
 - 3.-Al efectuar reconstrucciones, especialmente sobre-carpetas obases asfálticas, deberá ampliarse la re-paración a todo lo ancho de la corona o efectuar -- los trabajos adicionales necesarios, para evitar el desnivel entre el acotamiento y la superficie de rodamiento o lograr que no exceda de 5 cms.
 - 4.-Las normas y procedimientos de reparación para re-lleno de grietas, renivelaciones, bacheo y sello,-dadas para la superficie de rodamiento serán inte-gralmente aplicables a los acotamientos.
- 4-02 Taludes.

Son las superficies laterales de un corte o de un-terraplén.

Las labores de conservación en relación con los taludes son de gran importancia, ya que pueden considerarse como preventivas para evitar derrumbes o -deslaves y por consiguiente, todos los incrementos y peligros que ellos presentan.

Procedimientos.

A) Cortes.-En cortes en roca, deberá removerse de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presentan peligro al caer a la corona del camino. Si el tamaño de las piedras es tal, que al removerlas pueden ocasionar desperfectos a la corona del camino, habrá que protegerla, colocando sobre ella una capa de arena.

En cortes en tierra, deberán mantenerse los taludes con una vegetación tal, que permitan el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas.

La falta de estabilidad en taludes de corte, en general está íntimamente ligada con la presencia de agua por lo que deberá darse primordial importancia al mantenimiento de contracunetas. Además deberá procurarse que los taludes, tengan la pendiente que gratifique su estabilidad.

B) Terraplenes.-El afinamiento de los taludes del terraplén deberá considerarse una labor de rutina, con objeto de obtener una superficie uniforme que ayude a la estabilidad de los mismos, evitando asentamientos erosiones o deslaves.

Deben evitarse al fin del talud corrientes de agua que afecten su estabilidad. Deberá ser objeto de especial cuidado la estabilidad del terraplén, asegurándola con recargos de material, o en caso necesario con muros de mampostería.

Los taludes de los terraplenes deberán protegerse para evitar erosión, socavación o deslaves del material por el agua que escurre de la corona del camino.

Esta protección puede obtenerse mediante la siembra de pastos o especies vegetales adecuados, según el material y el clima de la región.

En caso que se justifique, por tratarse de materiales erosionables o ser muy grande el volumen de agua

deberán construirse guarniciones en el acotamiento que encausen el agua hacia lavaderos por los que corran -- sin producir erosión.

4-03 REMOCION DE DERRUMBES.

Se llama derrumbe al desprendimiento de material de las laderas naturales o del talud de un corte hacia la corona del camino.

Un derrumbe puede o no ocasionar una situación de emergencia. Si se crea una situación de emergencia porque el derrumbe impida o dificulte considerablemente la circulación o bien ofrezca algún peligro para el usuario, deberán colocarse por el primer -- personal de la Secretaría que tenga conocimiento de ello, las señales preventivas y restrictivas que corresponden en tanto que el Ingeniero encargado del tramo deberá trasladarse de inmediato al lugar del derrumbe, ya que el corregir una situación de emergencia, siempre tendrá preferencia sobre las labores de conservación. Deberá inspeccionar los daños y -- proceder de inmediato a concentrar personal y equipo necesarios para la remoción. Al mismo tiempo deberá ordenar la colocación de las señales necesaria---rias y en tanto éstas queden listas, deberá poner -- banderas para regular la circulación y evitar colisiones. A la primera oportunidad y usando el medio de comunicación más rápido, deberá dar aviso a su -- inmediato superior, sobre camino, tramo, kilometraje, magnitud aproximada del derrumbe; si el tráfico ha sido interrumpido y en caso afirmativo, cuando -- espera que pueda reanudarse.

Al mismo tiempo, en caso de que no cuente con el -- equipo necesario para efectuar los trabajos, debe -- solicitarlo.

Las labores de remoción de derrumbes deberán ante --

todo tender a lograr con la mayor brevedad posible, - la reanudación de la circulación. Por lo mismo deberá atacarse primero la zona de la corona en que haya menos material a fin de despejar, por lo menos, el ancho suficiente para permitir la circulación de un carril. Si por la magnitud del derrumbe o el peligro que se - prevee pueda presentarse durante la remoción, no es - posible reanudar la circulación en un lapso razonable deberá adoptarse una desviación, cuya construcción -- tendrá prioridad respecto a los trabajos de remoción. Procedimientos.

Una vez que se ha reanudado el tráfico o en caso de - que éste no se haya interrumpido, deberán continuarse los trabajos de remoción, considerando lo siguiente:

A) Deberá usarse maquinaria adecuada, tal como cargado frontal y camiones, evitando en lo posible las - molestias al tránsito y tomando las precauciones ne- cesarias para evitar accidentes.

B) Cuando el derrumbe ocurra en un corte de roca y - haya algunas piedras que por su tamaño requieran- moverse, para poder ser movidas, deberán tomarse- las precauciones del caso y suspender la circula- ción con anticipación para la explosión y durante la misma, cuidando que no haya vehículos o perso- nas por lo menos en los 150 Mts. cercanos a la zo na.

C) El material producto de un derrumbe podrá usarse- en recargues de terraplen sin tierra la calidad - adecuada, cuidando de colocarlo dehidamente extendido para que no pueda afectar la estabilidad del talud. En caso de que se deposite en las zonas la terales del derecho de vía, deberá hacerse donde- no pueda ser acarreado por las aguas a algún ca-- nal, cuneta o alcantarilla.

D) Al terminar la remoción, deberá procederse de in- mediato a la reparación de los daños que el de---

rumbe haya ocasionado en la superficie de rodamiento, acotamiento, zampeados, señalamiento en otros. Asimismo deberá limpiarse debidamente la superficie de rodamiento.

4-04 RELLENO DE DESLAVES.

Se llama deslave a la erosión y socavación del material del talud de un terraplén, producido por el escurrimiento del agua superficial. El deslave puede o no afectar la corona del camino.

Cuando un deslave afecte a la corona del camino o sea inminente que tal cosa suceda, deberá considerarse como situación de emergencia y por lo mismo se arreglará dándole preferencia a las labores regulares de conservación.

Al ocurrir un deslave, a más de su relleno, deberá estudiarse las causas que lo originaron, a efecto de proyectar y construir a la mayor brevedad posible las obras auxiliares, tales como guarniciones u otras que garanticen su corrección en forma permanente.

Procedimientos.

El relleno de deslaves deberá efectuarse de acuerdo con lo siguiente:

- A) Deberá ampliarse la socavación existente hasta obtener paredes sensiblemente verticales y firmes.
- B) Deberá usarse en el relleno, material con calidad semejante al que originalmente existía o mejor, --- principalmente en las capas de sub-rasante, sub-base y base, cuidando que cumpla con las Especificaciones correspondientes.
- C) En términos generales, el relleno se efectuará en capas horizontales de espesor no mayor de 30 cms. - sueltos dándole la misma compactación que tengan las adyacentes.
- D) Con excepción a lo anterior, cuando la altura del te

rraplén o las condiciones locales lo hagan necesario, -
podrán efectuarse a volteo el relleno de la zona corres
pondiente al cuerpo del terraplén, usando siempre frag-
mentos de roca y materiales angulares, cuidando que más
del 50% en volumen sea de tamaños mayores de 5⁴ mm.

E) La pendiente del talud formado por el relleno deberá
ser la adecuada para evitar menos deslaves.

F) Deberán evitarse en el relleno de deslaves los mate-
riales arenosos o fácilmente erosionables. Cuando --
por carencia de materiales sea necesario su uso, de-
berán tegerse con la construcción de guarniciones y -
lavaderos.

G) Una vez completado el relleno de la capa de base, és
ta deberá impregnarse con el producto asfáltico ade-
cuado.

Posteriormente, deberá reponerse la carpeta.

H) Cuando se ha terminado el relleno del deslave, será-
muy conveniente plantar en el talud del terraplén, -
pasto u otras especies vegetales, que a más de ga---
rantizar un bues escurrimiento de agua, ayudan a su-
estabilidad.

4-05 DESVIACIONES.

Son los caminos auxiliares de carácter provisional, -
con objeto de facilitar el tránsito por fuera de una
obra vial durante el tiempo que dure la construcción
o preparación de la misma, o de alguna estructura --
que impida la circulación normal.

En la construcción de desviaciones deberá considerar
se lo siguiente:

A) Si la desviación es motivada por obstáculos imprevis
tos, tales como derrumbes, deslaves u otros, su cons
trucción tendrá prioridad sobre los trabajos de repa
ración de la circulación.

B) Si la desviación es motivada por reparaciones planea
das, tales como reparaciones de pavimentos, construc
ción de alcantarillas u otros, deberá cuidarse que -

perfectamente terminada antes de ponerla en servicio.

- C) Las desviaciones deben construirse tomando en cuenta - la importancia del camino que van a sustituir y el tiem po probable que prestaran servicio.
- D) Las desviaciones deberán tener como mínimo un ancho de corona de 6 Mts., para permitir la circulación en am-- bos sentidos. Si esto no es posible, se construirá do- ble desviación, para cada sentido, de un mínimo de 3 - Mts., de ancho de corona.
- E) En caso de extremo, en que sea posible cumplir con lo - anterior, deberá mantenerse durante todo el tiempo que la desviación preste servicio, bandereros que regulen- la circulación.
- F) La superficie de rodamiento de la desviación, deberá - ser uniforme y conservarse así mediante rastreos perió dicos. Si el volúmen de tránsito y la duración de la - misma lo justifica, deberá revestirse o bien pavimen- tarse.
- G) Deberán colocarse las señales adecuadas, no solo en los extremos de desviación, sino a lo largo de ella. En to das las etapas de construcción de las desviaciones, no solo en procedimientos, sino en calidad de materiales, deberán cumplirse todas las Especificaciones Generales de Construcción.

La desviación deberá conservarse, para que dentro de - los límites económicos sea cómodo, seguro y preste ser vicio eficiente.

RECONSTRUCCION.

1.-PAVIMENTO.

1-01 RENIVELACION.

Los trabajos de renivelación pueden considerarse como- conservación normal o como reconstrucción, según exce- da o no en volumen de 200 M3. demezcla asfáltica por - kilómetro.

Los procedimientos que se fijaron para conservación tam

bien son aplicables en el caso de reconstrucción.

1-02 RIEGO DE SELLO.

En caso de que se recomiende el riego de sello son los siguientes:

- 1.-Cuando se requiere proporcionar una superficie de desgaste a una carpeta.
- 2.-Cuando la carpeta existente está agrietada o tenga textura muy abierta, para evitar que se introduzca agua y especialmente que la misma llegue a la base.
- 3.-Dar rugosidad a la superficie para hacerla antiderrapante.
- 4.-Reavivar el asfalto de una carpeta expuesta a la acción de la interferie.
- 5.-Proteger la carpeta cuando se inicia el proceso de desgranamiento o desgaste superficial.
- 6.-Obtener en la superficie de rodamiento un color adecuado para mayor visibilidad nocturna.

Los casos en los que deberá recurrirse al riego de sello, por no ser la solución adecuada son los siguientes:

- 1.-Cubrir defectos de construcción.
- 2.-Tratar de corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores de la -- carpeta o del drenaje o subdrenaje.
- 3.-Tratar de corregir desplazamientos de material, debido a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o riegos de liga deficientes.

Procedimientos.

- A) En la superficie por sellar deberán ejecutarse previamente los trabajos que se requieren, tales como bacheo renivelaciones u otros.
- B) La superficie por sellar deberá limpiarse de materia extraña y barrer perfectamente para eliminar el polvo.
- C) Antes de iniciar el riego de asfalto deberá protegerse con papel o en otra forma, las estructuras pertenecientes o contiguas a la carpeta, tales como banquetas

guarniciones, señales, etc., cuando se considere que pueden mancharse.

D) Sobre la carpeta limpia se procederá un riego de producto asfáltico considerado lo siguiente:

1.-La petrolizadora deberá arrancar por lo menos 10 Mts. antes del punto que deberá empezar a agregar con objeto de que al pasar por ese punto, ya lleve la velocidad adecuada.

2.-Deberá tener especial cuidado de evitar los traslapes de los riegos, cubriendo el lugar donde se inician -- con una banda de hule o tiras de papel.

E) Antes de que hayan transcurrido 20 minutos se cubrirá el riego de producto asfáltico con el material pétreo

F) Inmediatamente después se pasará la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones.

G) Se procederá al planchado, el cual se limpiará con el rodillo liso que se pasará hasta haber cubierto toda la superficie dos veces posteriormente y usándolo en forma alterna con la rastra, se planchará con el compactador de llantas neumáticas el tiempo necesario para asegurar que el máximo de material pétreo se haya adherido al material asfáltico. Esta compactación deberá efectuarse en las tangentes de la orilla del camino hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el exterior.

H) Al terminar el planchado del camino, deberá evitarse el tránsito en un lapso mínimo de 6 horas, al cabo de los cuales podrá habrirse, procurando que la velocidad de los vehículos no exceda de 30 Kms. por hora, - durante los primeros 4 días si secuenta con desviaciones adecuadas es conveniente no habrir el tramo al -- tránsito los cuatro primeros días, durante los cuales se deberá recomedar el material, pasando en forma alterna, al compactador de llantas neumáticas y la rastra después de este tiempo deberá proceder al barrido y remoción del material pétreo suelto sobrante, que -

se haya adherido al pavimento.

1-03 CARPETA O SOBRECARPETA.

Clasificación.

- A) Carpeta por el sistema de riego.-Capas sucesivas de riegos de asfaltos cubiertas cada una de ellas con materiales pétreos granulados.
- B) Carpetas por el sistema de mezclado en el lugar.-Mezcla de materiales y pétreos y productos asfálticos,-elaborado en el lugar con motoconformadora o planta-móvil.
- C) Carpetas concreto asfáltico.-Mezclas de materiales pétreos y cementos asfálticos, elaborados en plantas estacionarias.

Las carpetas y sobrecarpetas deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- A) No deberán desplazarse ni desintegrarse por la acción del tránsito.
- B) Deberán tener resistencia al intemperismo.
- C) Deberán soportar sin agrietarse, pequeñas deformaciones.

Procedimientos.

- A) Carpeta de riego.-Se sigue el mismo procedimiento -- para la carpeta de un riego, que para el riego de se llo dado antriormente, con la diferencia de que la carpeta de un riego se construye sobre una base im--pregnada.
- B) Carpeta de dos riegos.-Sobre la base debidamente pre parada e impregnada se procederá a dar el primer rie go de asfalto, cubriéndolo inmediatamente con el mate rial pétreo sobre esta primera capa, además del ras treo para lograr un buen acomodo, se dará una pasada del equipo de compactación.

Al terminar la compactación de la primera capa se de berá dejar pasar un lapso mínimo de 6 horas antes de abrir el tránsito, y 48 horas despues como mínimo, - y previo barrido del material pétreo excedente, se -

dará el segundo riego. de producto asfáltico, se cubrirá inmediatamente con el material pétreo, procediéndose posteriormente a su compactación, rastreo, recompactación y barrido en forma semejante a la descrita para riegos de sello.

C) Carpeta de tres riegos, sobre la base impregnada y -- limpia, se procederá a aplicar el primer riego de pro ducto asfáltico, e inmediatamente despues se procederá con el material pétreo. Sobre ésta primera capa, además del rastreo para lograr un buen acomodo se dará - una pasada del equipo de compactación. Al terminar la compactación de la primera capa se procederá a dar el segundo riego de producto asfáltico e inmediatamente despues se cubrirá con el material pétreo, procediéndose a su rastreo y compactación dando dos pasadas completas de todo el equipo. Unas 6 horas depues de terminar la compactación, podrá abrir el tramo de tránsi to por un lapso no mayor de 2 semanas. Transcurrido - ese tiempo deberá barrerse la carpeta para eliminar - el material pétreo que no haya adherido; a continua-- ción se dará el tercer riego de producto asfáltico, - cubriéndolo inmediatamente con el material pétreo y - procediendo a su compactación rastreo recompactación y barrido en forma semejante a la descrita para riego de sello.

- 1.-Cuando se trata de construir una carpeta nueva, deberá colocarse sobre una base elaborada de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones y debidamente impregnada.
- 2.-Cuando se trate de construir una sobrecarpeta, deberán efectuarse previamente todos los trabajos que se requieran como relleno de grietas, baches, renivelaciones u otros en la carpeta existente.
- 3.-La aceptación de los materiales pétreos su producción y acarreo y forma de almacenamiento, deberá sujetarse a lo siguiente:
 - a) Deberá recurrirse al laboratorio para verificar que los materiales pétreos y asfálticos cumplan con lo -

indicado en las Especificaciones. Cuando un solo material pétreo no llene las características granulométricas requeridas se emplearán dos o más materiales - que se mezclarán entre si en seco.

- b) El material pétreo suelto se colocará sobre los -- acotamientos y deberá acamellonarse dentro de las- 24 horas siguientes a su colocación en el camino.
- c) El material suelto colocado en la carretera nunca- deberá ser un obstáculo para el libre tránsito por la misma por lo que, si los acotamientos son angos- tos, deberá acamellonarse el material a medida que se va avanzando en el tiro. Se dejará como mínimo- un ancho de circulación de 5.5 Mts.
- d) En las curvas, el material deberá acamellonarse en el inferior de la corona.
- e) En tramos urbanos con poca visibilidad o con volu- men de tránsito superior a 1.500 vehículos por día el material pétreo deberá quedar a más de 50 cms.- fuera de la carpeta asfáltica. Si no se puede con- seguir esta condición se elaborará la mezcla en -- plataforma de trabajo, fuera de la corona del cami- no.
- f) Deberán colocarse las señales necesarias para pre- venir a los usuarios de la existencia de material- sobre el camino.

Además sobre los montones o sobre el camellón se - colocarán piedras encaladas cada 10 Mts.

- 4.-Para la mezcla deberán usarse asfalto de fraguado- rápido o emulsiones de fraguado lento o medio. El- laboratorio indicará en cada caso dosificación que se requiera de acuerdo con los materiales pétreos- y asfaltos disponibles.
- 5.-El asfalto debe incorporarse por etapas al material pétreo, para facilitar y hacer más uniforme el mez- clado y el desfluxado, así como para evitar pérdi- das de asfalto por escurrimiento.

- 6.-El asfalto deberá calentarse hasta la temperatura especificada para su aplicación.
- 7.-El material pétreo deberá estar de preferencia seco en el momento de la aplicación del asfalto. Si contiene cierto grado de humedad, pero menor a la absorción y no se considera económico eliminarla, podrá usarse mediante el empleo de un aditivo -- que se incorpora al asfalto. El máximo de humedad permisible, así como el tipo y porcentaje del aditivo, serán los que recomienda el laboratorio.
- 8.-Sobre la base impregnada o sobre la carpeta existente, debidamente limpia de polvo y amateria extraña, se dará un riego de liga en toda la superficie que quedará cubierta por la carpeta, con petrolizadora, utilizando un producto asfáltico defrafuado rápido y a la temperatura especificada.- Para condiciones normales se usará una dosifica--ción de 0.5 a 0.75 litros de asfalto por metro -- cuadrado. Esta dosificación podrá aumentarse, cuando se trata de riego de liga sobre carpeta de textura muy abierta o agrietada, o bien disminuirse si se trata de carpeta con exceso de asfalto y textura muy cerrada.
- 9.-Cuando el asfalto del riego de liga haya adquirido la viscosidad adecuada, se iniciará el tendido de la mezcla con el mínimo de pasadas de la motoconformadora, para evitar que el material pétreo se clasifique por tamaños.
- 10.-Inmediatamente de tendida la mezcla se procederá a su compactación, utilizando un rollo liso tipo tándem de 7 a 11 toneladas, continuándola con un compactador neumático con peso de 4 a 7 toneladas hasta alcanzar una compactación del 95% como mínimo; despues se volverá a usar el rodillo liso tipo tándem para borrar las huellas que deje el compactador neumático. Para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman la carpeta, se procu

rá' realizar el planchado a las horas que la temperatura ambiente o la acción de los rayos solares favorezcan esta operación.

La compactación se hará paralela al eje, iniciándola - en las tangentes de las orillas hacia el centro y en - las curvas del interior hacia el lado extrerior.

Cuando haya desviación y se considere necesario, se hará la compactación diagonalmente al eje del camino, para disminuir o eliminar huellas o juntas y mejorar la compactación de la mezcla.

11.-Cuando la carpeta quede compactada se procederá a efectuar un corte con talud de 45° aproximadamente en las orillas de la misma, con objeto de ajustar el ancho y alineamiento conforme al proyecto, teniendo cuidado de que al efectuarse no se dañe la base.

12.-Para dar por terminada la construcción de la carpeta se verificará que el alineamiento, el perfil, - el espesor, el ancho y acabado, se hayan construído de acuerdo con el proyecto y dentro de las tolerancias que se indican en las Especificaciones.

A) Carpeta de concreto asfáltico.-Se construye mediante el tendido y compactación de mezclas asfálticas elaboradas en una planta estacionaria, utilizando materiales pétreos clasificados y dosificados y cemento asfáltico.

El procedimiento de construcción que se seguirá, - las características del equipo que deberá emplearse, así como las tolerancias que se permiten en espesores y anchos deben sujetarse a las Especificaciones.

1-04 Sub-bases y bases.

Las obras de reconstrucción de caminos que requieren subbase o base son de dos tipos generales:

- a) Refuerzo de un pavimento existente.
- b) Ampliación de ancho de corona.

En el primer caso, mediante el auxilio del laboratorio, se deberá verificar que esa es la solución adecuada al problema en el segundo caso, se recurrirá también al auxilio del laboratorio para el diseño de espesores, pero estos deberán ser como mínimo iguales a los del pavimento existente.

Los materiales pétreos usados en sub-base deberán cum--plir íntegramente lo acentado en las Especificaciones y en especial en cuanto a granulometría, plasticidad, du--reza y cementación.

Los materiales para base, además de ser de mejor calidad que los usados para sub-base, ya que reciben más direc--tamente los impactos de las cargas del tránsito, deberán tener afinidad con el asfalto del riego impregnación para evitar que el agua los desaloje.

Procedimientos.

- A) La construcción de la sub-base o la base se iniciará cuando las terracerías o la sub-base, esten termina--das dentro de las tolerancias fijadas en las Especi--ficaciones.
- B) La descarga de los materiales que se utilicen en la--construcción de sub-base deberán hacerse sobre la --sub-base deberán hacerse sobre la sub-rasante o la -sub-base, controlando que los volúmenes depositados--por por estación de 20 Mts., estén en función de los del proyecto.
- C) El espesor de proyecto para cada capa de sub-base o--base, será determinado por el laboratorio, pero no -deberá ser inferior a 12 cms. compactos.
- D) El material pétreo suelto se colocará en una orilla--del camino, en las curvas en la parte exterior, y deberá acamellonarse a la mayor brevedad posible.
- E) Deberán colocarse las señales necesarias a efecto de anunciar debidamente la existencia de material so--bre el camino. Asimismo deberán colocarse piedras en caladas a distancia de 10 mts.

- F) Con objeto de evitar pérdidas de material disminuir - en lo posible las molestias al tránsito, nunca deberá existir un callejón continuo de más de 5 Kms. de material pétreo, ni deberá transcurir un lapso superior a 15 días entre el acamellonado y el tendido.
- G) Cuando se emplean dos o más materiales, siempre deberán colocarse los de menor volumen sobre los de mayor volumen, ya que es inevitable que haya una pequeña -- pérdida del material que se encuentra abajo y es preferible que la misma corresponda al material de mayor volumen. Estos materiales deberán revolverse entre si en seco y acamellonarse nuevamente.
- H) Si se van a construir varias capas de sub-base, no deberán acamellonarse el volumen total, sino unicamente el parcial de cada capa y acarrear el siguiente cuando esta tendida y compactada la capa inferior.
- I) Cuando se emplean motoconformadoras para el mezclado, se extenderá el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, - hasta alcanzar la humedad que haya sido fijada y obtener homogeneidad el ma misma evitando la clasificación de material. A continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sueltos, cuyo espesor no deberá ser mayor de 15 cms.
- J) Cuando se emplee otro equipo para el mezclado, se deberá estudiar las características del mismo, para que se obtenga una mezcla homogénea con el grado de humedad óptima.
- K) Cada capa se compactará hasta alcanzar el grado mínimo especificado, sobreponiéndolas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto.
- L) En las tangentes la compactación será desde las orillas hasta el centro y en las curvas, desde la parte interior hacia la exterior.
- M) Se tendrá cuidado de evitar que se produzcan los efectos del llamado encarpamiento, que se originan por tender el material en varias capas y espesores peque-

ños o por efectuar una compactación previa y después afinar, quedando una capa superficial el grado, misma que - fácilmente se desprende por la acción del tránsito.

N) En la reconstrucción de carreteras, en términos generales, la secuencia de las operaciones necesarias en la ejecución de las sub-bases y bases es la siguiente:

- 1.-Si se va a aprovechar el material de la carpeta asfáltica existente se procede en la siguiente forma:
 - a) Se ecarificará la carpeta y, en caso de que así se -- apruebe, un espesor determinado de la base existente se disgregaran ambos materiales y se mezclaran hasta obtener su homogeneidad.
 - b) Este material se acamellonará de tal manera que quede cubierta la mayor superficie posible de la base existente, la que se conformará y compactará debidamente.
 - c) Se pasará el material acamellonado a la superficie -- que se compactó, para que a su vez conformar y compactar la que ocupa el material suelto.
 - d) Si el proyecto así lo indica, se procederá a añadir - un nueva material de base al que se incorporará al -- producto antes indicado construyendo la sub-base o base en la forma especificada, por capas, hasta alcanzar el espesor fijado en el proyecto.
- 2.-Si el material de la carpeta asfáltica existente se va a desechar, se especificará y recogerá, transportando la al sitio que se señala. A continuación se conformará y compactará la supercie expuesta de la base existente y se procederá a la construcción de la nueva.
- 3.-En caso de que solamente exista revestimiento y por - su calidad y cantidad se determina que puede aprove-- charse como parte de la sub-base, se procederá como - sigue.
 - a) Se escarificará la parte aprovechable del revestimiento cuidando de que no se contamine con el material de la terracería, y se acamellonará, de tal manera que - quede cubierta la mayor superficie posible de dicha - terracería, la que se conformará y compactará debida-

mente.

- b) A continuación se pasará el material suelto del revestimiento a la superficie compactada, para que a su vez conformar y compactar la superficie que ocupa el material suelto.
- c) En seguida se procederá a añadir el nuevo material, mezclándolo con el revestimiento y construyendo la sub-base como se especifica, por capas hasta alcanzar el espesor del proyecto.

2.-DRENAJE Y SUB-DRENAJE.

2-01 RECONSTRUCCION Y AMPLIACION DE ALCANTARILLAS.

La ampliación de estas obras, en caminos en operación podrán corresponder a cualquiera de los dos tipos siguientes:

- A) Ampliación transversal para aumentar el ancho de calzada.
- B) Ampliación longitudinal por requerirse mayor área - hidráulica.

En el primer caso, el proyecto de la ampliación, en general, puede ser elaborado con los datos existentes en el proyecto original. En el segundo caso, para la elaboración del proyecto, deberán efectuarse previamente estudios de campo que permitan obtener los datos en los cuales basar el mismo.

Procedimientos.

En todas las obras de reconstrucción, ampliación o construcción de alcantarillas o puentes, deberá cuidarse de que, tanto en calidad de materiales empleados como en la ejecución de los trabajos, se cumplan íntegramente con las Especificaciones Generales de Construcción.

2-02 CONSTRUCCION O REPARACION Y LIMPIEZA DE DRENES.

En camino en operación, la necesidad de construir drenes o reparar los existentes, estará indicada -- por la presencia de humedad en la capa del pavimento de la subrasante o de la cama del corte, lo que se podrá verificar mediante sondeos, que se deberán --

ser hechos de preferencia en las cuentas. Los escurrimientos de agua en los taludes y el tipo de materiales que forman el corte construirán valiosas guías al respecto. En donde existen drenes, la vigilancia de su descarga en la época de lluvias, principalmente algunas -- horas después de una fuerte precipitación, será la mejor guía para comprobar si su funcionamiento es correcto. En caso de que el dren no tenga todo y no funcione con eficiencia será necesario reconstruirlo totalmente, con las modificaciones que proceden. En los que tengan tubo, se procurará primero limpiarlo con varillas y si esto no es suficiente será necesario destaparlos para -- proceder a construirlos.

PROCEDIMIENTOS.

Se recomienda considerar lo siguiente, al construir drenes ya se ha visto que son útiles para su mejor funcionamiento:

- A) Supuesto que el incremento en costo se justifica ampliamente, ya que prestan su mejor servicio, se recomienda tanto en construir de drenes nuevos, como reconstrucción de existentes, colocar siempre un tubo.
- B) Deberá verificarse que la pendiente del tubo ayude a la limpieza. Para lograr la pendiente no deberá ser menor de 0.5%. para pendientes mayores del 2% deberá anclarse el tubo mediante una plantilla de mortero de cemento.
- C) Cuando se reparen drenes y se encuentren azolvados -- los tubos, convendrá aumentar el diámetro para evitar nuevos azolves.
- D) La profundidad de la plantilla de drenes será como mínima de 1.50 Mts. a partir del fondo de la cuneta.
- E) Deberá colocarse una rejilla en el extremo de descarga del tubo para evitar la entrada de animales que puedan introducir materiales extraños y obstruirlo.
- F) Se hará, en la iniciación del dren y estratégicamente distribuidos a lo largo del mismo, pozos de visita que permitan efectuar las inspecciones y limpieza

de los tubos.

3.-OBRAS DIVERSAS.

3-01 ABASTECIMIENTO DE TALUDES EN TERRAPLEN.

En la modificación de taludes, con el fin de lograr - que estos tengan una pendiente menor mediante la colo cación sobre ellos de material de terracería.

Tiene por objeto:

- 1.-Aumentar la estabilidad del terraplén.
- 2.-Alejar de la corona del camino el pie del talud dismi nuyendo el peligro de las erosiones que sucedan a lo largo del mismo.
- 3.-Disminuir la velocidad con que escurre el agua por el talud, y reducir con ello la posibilidad de que ocu-- rran deslaves.
- 4.-Permitir el uso de equipo mecanizado en los trabajos-- sobre el talud.

Procedimientos.

Para la ejecución de los trabajos, deberá considerarse los siguientes:

- A) Deberán colocarse todas las señales transitorias.
- B) Deberán retirarse las señales permanentes que estor-- ben o puedan ser dañadas en la ejecución de los tra-- bajos.
- C) Deberán desmontrarse el talud y la zona del terreno na tural que quedará cubierto con la nueva terracería.
- D) El material se colocará del pie del talud hacia la co rona, extendiéndolo debidamente por capas, del espe-- sor adecuado según el equipo de compactación a usar.
- E) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un - grado mínimo de 85%.
- F) En terraplenes de altura superior a 3 Mts., se pueden hacer recargues de taludes con materiales granulares, cuyo tamaño sea del orden de 5 cms. (2 1/2"). En este caso el recargue se efectuará a volteo hasta el nivel inferior de la capa de subrasante.
- G) En el caso anterior, si la pendiente del terreno natu ral es pronunciada, será conveniente construir en el-- nuevo pie del talud, y previamente a la colocación --

del material, una mampostería seca de 30 cms. de altura que le sirva de contención.

H) El nuevo talud deberá afinarse.

I) Una vez terminado el recargue del talud, se repondrá el señalamiento permanente que haya sido tirado y se quitará el señalamiento transitorio.

3-02 ABATIMIENTO LIMPIEZA DE TALUDES DE CORTES.

Abatimiento es la disminución de la pendiente del talud del corte.

Limpieza es el desmonte y remoción de piedras o materiales sueltos de las paredes del corte.

Tiene por objeto de reducción de la pendiente del talud del corte y la limpieza de la pared del mismo, - mejora la estabilidad y disminuyendo la posibilidad de que ocurran derrumbes.

PROCEDIMIENTOS.

A) En el abatimiento de taludes, deberá considerarse lo siguiente:

- 1.-Deberá colocarse todo el señalamiento transitorio -- que sea necesario.
- 2.-Deberá retirarse aquellas señales permanentes que se considere pueden ser dañadas al efectuar el trabajo.
- 3.-Deberán tomarse todas las precauciones para que los trabajadores puedan maniobrar sin peligro.
- 4.-Se marcaran los nuevos ceros del talud y se iniciarán los trabajos con el desmonte de la zona por atacar.

Dicho desmonte comprenderá una faja de 5 Mts. adyacentes a los ceros, para evitar que queden árboles cercanos a la orilla del talud.

- 5.-La excavación de los materiales deberá efectuarse en general con herramienta de mano. El uso de maquinaria solo se permitirá cuando el ancho de la corona - sea tal, que con el tránsito circulando en el carril contrario al que se efectúan los trabajos, no exista peligro por los usuarios.

- 6.-Excepto en el caso de piedras grandes, que requieran ser moneadas para poder moverlas, no se permitirá el uso de explosivos. En caso necesario deberán tomarse precauciones adecuadas, suspendiendo la circulación antes de la explosión y durante la misma, cuidando que no haya vehículos o personas por lo menos en los 150 Mts. aledaños a la zona.
- 7.-Conforme se avance en la excavación, si el tipo de material lo permite deberá afinarse el talud, o sea que se dejará una superficie uniforme sin protuberancia ni oquedades.
- 8.-Cuando exista la posibilidad de que las piedras removidas dañen la carpeta o los acotamientos con su caída, deberá colocarse previamente sobre ellos un colchón de material para protegerlos. Esa protección se consigue con cualquier material cuyo tamaño máximo no exceda de 5 cms., y deberá colocarse en una capa suelta de 15 cms. de espesor.
- 9.-Al terminar la excavación deberá retirarse de la corona del camino y cunetas todo el material que hubiera caído, así como la capa de protección. Estos materiales podrán utilizarse en recargues de terraplén si tienen la calidad adecuada.
En caso contrario se depositarán en el derecho de vía, en un lugar tal que no estorben el funcionamiento del camino.
- 10.-Se procederá a reparar la carpeta, acotamientos y zampados que pudieran haberse dañado durante los trabajos.
- 11.-Una vez terminados los trabajos, se repondrá el señalamiento que se haya retirado con motivo de las obras y se quitarán los dispositivos para protección.
- B) En la limpieza de taludes deberán considerarse los siguientes lineamientos:
- 1) Deberán tomarse todas las precauciones para que los tra

bajadores puedan maniobrar sin peligro.

- 2) Los trabajos deberán iniciarse con la tala y roza. No -
deberá, en general efectuarse desenraice, por el peli--
gro de que con ello se afloje el material superficial-
y pierda su estabilidad.
- 3) Una vez efectuadas la tala y roza, deberá procederse a-
la remoción de las piedras y materiales sueltos o poco-
estables que puedan provocar un derrumbe.
- 4) La remoción de los materiales deberá efectuarse en gene
ral con herramienta de mano.
- 5) Si por su tamaño o volumen la remoción de materiales pu-
diera caer dentro de lo señalado en los sub-párrafos 6-
y 8 de abatimiento de taludes, deberá cuidarse que los-
trabajos se ejecuten de acuerdo a lo indicado en ellos.
- 6) Al terminar la remoción deberá retirarse de la corona -
del camino y cunetas todo el material que hubiera caído
Estos materiales podrán utilizarse en recargues de te--
rraplén, si tienen la calidad adecuada en caso contra--
rio deberán depositarse en el derecho de vía en un lu--
gar tal que no estorben el funcionamiento del camino.

7-03 AMPLIACION DEL ANCHO DE CORONA.

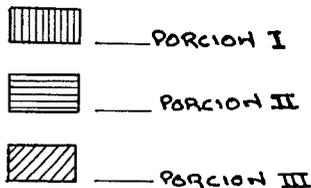
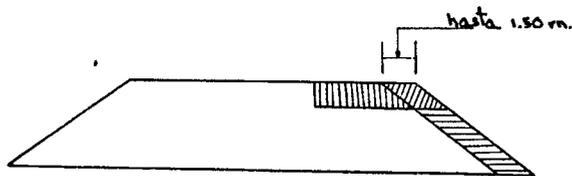
7-03.1 Generalidades.-Es frecuente que en los caminos en ope-
ración se requiera aumentar el ancho de corona. Cuando
esa ampliación es necesaria en pequeñas longitudes, es-
comun efectuar las obras por administración.

Por lo anterior, a continuación se dan algunos lineamien-
tos generales de los procedimientos a seguir en los ca-
sos de ampliación que se presentan con más frecuencia y
que pueden ser una guía útil en la realización de di---
chos trabajos.

7-03.2 NORMAS.

- A) Antes de iniciar cualquier trabajo de ampliación, de co
rona deberán colocarse los dispositivos para protección
en obras necesarias, de acuerdo con lo indicado en el -
"Manual de dispositivos para el Control de Tránsito".

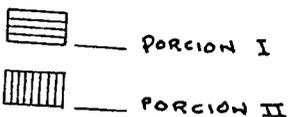
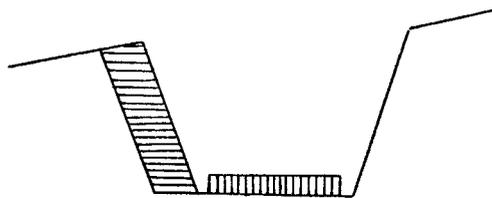
- B) Deberán retirarse las señales que estorben y puedan ser dañadas por la ejecución de los trabajos.
- C) En caso de que la magnitud de los trabajos lo amerite, previamente a la iniciación de los mismos deberán acondicionarse y ponerse en servicio las desviaciones necesarias, de acuerdo con lo indicado en la cláusula 4.05 de estas normas.
- D) Al terminar los trabajos deberá reponerse el señalamiento y retirarse los dispositivos que hayan sido colocados con motivo de las obras.
- 7-03.3 PROCEDIMIENTOS. Los lineamientos generales que deberán considerarse en la ampliación del ancho de corona, son los siguientes:
- A) Ampliación en terraplén hasta de 1.50 Mts. de ancho - (fig. 1)



- 1) Córtese un escalón en el acotamiento (porción 1), -- abarcando las capas de sub-base o base. El material extraído se acamellonará para su posterior utilización.
- 2) Construyase la porción II con material A o B, hasta-

el nivel de subrasante, colocándolo en capas de espesor no mayor de 30 cms. para ser compactadas adecuadamente con rodillo ligero, hasta un mínimo del 90%.

- 3) Al nivel de subrasante, deberá darsele una compactación mínima del 95%, cuidando que el equipo pase traslapado sobre la junta de la porción existente y la ampliación del terraplén. En caso de que haya acentamientos, deberá escarificarse y hacerse los recargues necesarios para que una vez compactada esa zona ya no se produzcan nuevas deformaciones.
 - 4) Una vez efectuada la compactación al nivel de subrasante, deberá procederse a completar las capas de sub-base y base, empleando el material que de ellas se había retirado, regando con material de la calidad adecuada. -- Terminadas éstas, se hará la carpeta asfáltica.
 - 5) Si el material del pavimento existente no se desea utilizar por ser de mala calidad, podrá usarse en la porción segunda, II recortando la porción I en todo el ancho de la corona. En este caso el pavimento existente se considerará como mejoramiento de terracerías y como capa subrasante, de acuerdo con la calidad de los materiales que esten formando dicho pavimento.
 - 6) Este procedimiento podrá aplicarse en ampliación ambos lados del terraplén.
 - 7) En ampliaciones superiores a 1,50 Mts. deberá seguirse el procedimiento indicado en el capítulo XI de la parte segunda de las especificaciones.
- B) Ampliación en corte de cajón (fig. 2)



- 1) Se cortará la porción I cuyo nivel inferior deberá coincidir con el de la cama del corte. Parte de este material, si su calidad es adecuada se utilizará para formar la capa sub-rasante y el resto se usará en recargues de terraplén. En caso contrario se desperdiciará.
- 2) Se escarificará la porción segunda en todo el ancho de la corona, en caso de que el pavimento se encuentre con vallas generalizadas. En caso de que se encuentre en buen estado, se ampliará la porción segunda de acuerdo con los lineamientos dados en el párrafo anterior para ampliación de terraplenes.
- 3) Si se escarificó el material de la porción II, se utilizará en la construcción de las capas de sub-rasante, o sub-base de acuerdo con su calidad y volumen. El tendido y la compactación de estas capas, deberá hacerse en todo el nuevo ancho de corona.
- 4) Se procederá a la construcción de las capas de base y carpeta del espesor y compactación que en cada caso particular se fijan en el nuevo ancho de corona.
- 5) Terminado este trabajo deberán restaurarse las cunetas y contracunetas.
- 6) Este procedimiento podrá aplicarse cuando la ampliación sea en ambos lados del corte.

A través de las experiencias obtenidas, se ha observado que al diseñar un pavimento por medio del método SOP, - en los caminos con un alto promedio de tránsito obtenemos valores (espesores de pavimento) bajos y con promedio bajo de tránsito se obtienen espesores de pavimento altos, ya que en dicho procedimiento el tipo de tránsito que se usa para el cálculo es el de vehículos hasta de tres toneladas, sin considerar vehículos más pesados. Ejem: si en un camino nacional usamos este método, el - valor del espesor del pavimento resultaría poco económico, por el contrario si usamos en una autopista dicho - método, el espesor resultante queda sub-diseñado.

En el método del Instituto del Asfalto los caminos con un alto promedio de tránsito, e incluso en los de promedio bajo, nos dan valores altos en muchos casos.

Aún cuando el método del Instituto de Ingeniería se encuentra en proceso de estudio, los avances que se tienen han merecido aceptación, obteniéndose de él valores que en lo general se consideran congruentes con nuestra situación (Tránsito, climatología, materiales y economía de nuestro medio).

En el método del Instituto del Asfalto y el del Instituto de Ingeniería, se usan procedimientos más modernos - en los cuales el cálculo para el diseño de espesores, - se basa en el tipo del tránsito para ejes equivalentes. Si con estos dos métodos y el anterior hacemos una comparación de sus valores resultantes y obtenemos una relación entre ellos, conseguiremos sin duda alguna el diseño más adecuado a nuestras necesidades.

BIBLIOGRAFIA

VIAS TERRESTRES Y AEROPISTAS

Ing. Carlos Crespo Villalaz.

LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS
VIAS TERRESTRES VOLUMEN I

Alfonso Rico y Hermilo del Castillo

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION

Secretaría de Obras Públicas Parte Novena.

APUNTES

Ing. Enrique Padilla Corona.

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACION Y
RECONSTRUCCION DE CARRETERAS

Secretaría de Obras Públicas.

MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE
CARRETERAS

Secretaría de Obras Públicas.