



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“TOPICOS DE CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**EDUARDO DANTE GÓMEZ REYNA**

**ASESOR:**

**ING. MARIO SALAZAR AMAYA**

**MORELIA MICHOACÁN. DICIEMBRE 2012**



**AGRADECIMIENTOS:**

Estoy muy agradecido; primero que nada, por la vida, por mi salud, por tener paciencia  
Para poder pensar, y desarrollar esta tesis.

Gracias a dios.

Y también gracias a mis padres que me han sabido educar y guiarme, inculcarme, y  
Conducirme de manera correcta y responsable para ser un hombre de bien.

PADRES: Rogelio Gómez Pérez.

Hermelinda Reyna Lozano.

A mis hermanos por todo el apoyo que me han brindado con sus consejos.

HERMANOS: Rogelio Gómez Reyna.

Elva Zaira Gómez Reyna.

Mahogany Coral Gómez Reyna.

Blanca Beatriz Gómez Reyna.

Desearía de manera especial referirme a mi hermano mayor ing. Civil, Rogelio Gómez  
Reyna que con su experiencia en el campo del trabajo me significo gran ayuda en la  
elaboración de esta tesis.

Agradezco a mi asesor por la paciencia que me tuvo en la conducción de esta tesis.

ASESOR: Ing. Mario Salazar Amaya.

---

---

## ÍNDICE

### **CAPÍTULO I CONCEPTOS BÁSICOS DEL PROYECTO GEOMÉTRICO DE UN CAMINO**

Introducción.....	5
Alineamiento y puntos obligados.....	6
Velocidad de proyecto.....	7
Reconocimiento topográfico.....	8
Distancia de visibilidad de rebase.....	8
Distancia de visibilidad de encuentro.....	9
Trazo de curva horizontal.....	9
Proyecto de la subrasante.....	10
Determinación económica.....	10
Áreas de corte y terraplén.....	11
Propiedades de la curva masa.....	11
Ordenada curva masa.....	12
Otros conceptos de proyecto geométrico.....	13

### **CAPÍTULO II. GENERALIDADES DE PAVIMENTOS**

Definición de pavimento.....	15
Definición de pavimento rígido.....	15
Definición de pavimento flexible.....	16
Funciones principales de un pavimento.....	17
Funciones particulares de la carpeta asfáltica.....	17
Definiciones de otros términos.....	20

**CAPÍTULO III. ESTRUCTURACION DE PAVIMENTOS**

Subrasante.....	44
Definición de terracería.....	44
Bancos de préstamo.....	45
Sub-bases y bases de pavimento.....	46
Muestreo sistemático sub-bases y bases de pavimento.....	64
Estabilización de suelos.....	67
Pruebas en suelos granulares bien graduados con exceso de plasticidad.....	72
Proyecto del espesor de pavimento.....	76
Método usado por la Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (S.C.T)....	77
Prueba para determinar el valor relativo de soporte (prueba de California o Porter).....	78

**CAPÍTULO IV. CARPETAS ASFÁLTICAS**

Carpetas asfálticas.....	81
Grupos que dividen una carpeta asfáltica.....	86
Compuestos de una carpeta asfáltica.....	88
Selección de tipos de carpeta.....	89
Materiales pétreos.....	90
Clasificaciones.....	90
Especificaciones de prueba de absorción y densidad.....	95
Límites de atterberg y pruebas complementarias.....	95
Actualización y evolución de las normas de la "S.C.T." sobre mezclas asfálticas. [Características de los materiales (N-CMT) y muestreo de materiales pétreos para mezclas asfálticas (M-MMP)].....	96



**CAPÍTULO V. PRODUCTOS ASFÁLTICOS**

Asfaltos y productos asfálticos.....	100
Regionalización de los productos asfálticos.....	105
Tabla de aplicación de los productos asfálticos.....	106
Procedimiento constructivo de una mezcla asfáltica en planta o en caliente (superficial).	107
Uso de las emulsiones asfálticas (mezclas asfálticas).....	108
CONCLUSIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119

# **CAPÍTULO I**

---

## **CONCEPTOS BÁSICOS DEL PROYECTO GEOMÉTRICO DE UN CAMINO.**

## INTRODUCCIÓN

La necesidad del ser humano de comunicarse y trasladarse no es de años, haciendo referencia a las vías de comunicación terrestre, la construcción de caminos y aeropuertos en nuestro país y dado que a los mismos para dar un buen servicio, la necesidad de superficies de rodamiento.

Por ejemplo años atrás cuando empezaron las carreteras de dos y cuatro ruedas jaladas por personas y animales; por lo cual fue desarrollado diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra, algunas brechas, donde el humano buscaba la forma de trasladarse, hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en los conocimientos que conducen a grandes caminos y autopistas de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

Por eso esta tesis que presento desarrollara el tema del procedimiento constructivo de un tramo de un pavimento flexible, definiciones necesarias para su comprensión y desarrollo, para poder cumplir con los requisitos para el desarrollo de un pavimento flexible.

### **ALINEAMIENTOS Y PUNTOS OBLIGADOS.**

En la construcción de un camino se trata siempre de que la línea quede alojada en terreno plano la mayor extensión posible, pero siempre conservándola dentro de la ruta general.

Esto no es siempre posible debido a la topografía de los terrenos, ya que cuando llegamos al pie de una cuesta la pendiente es mayor que la máxima permitida para ese camino y es necesario entonces desarrollar otra ruta. Y debido a estos cambios y a la búsqueda de pasos adecuados los caminos resultan de mayor longitud de la marcada en la línea recta entre dos puntos. Sin embargo, debe tratarse siempre, hasta donde ello sea posible, que el alineamiento entre dos puntos obligados sea lo más recto que se pueda dé acuerdo con la topografía de la región y de acuerdo también con el tránsito actual y el futuro del camino a efecto de que las mejoras que posteriormente se lleven a cabo en el alineamiento no sean causa de una pérdida fuerte al tener que abandonar tramos del camino en el cual se haya invertido mucho dinero.

Es decir, que hay que tener visión del futuro con respecto al camino para evitar fracasos económicos posteriores, pero hay que tener presente también que tramos rectos de más de diez kilómetros producen fatiga a la vista y una hipnosis en el conductor que puede ser causa de accidentes.

También hay que hacer notar que en el proyecto moderno de las carreteras deben evitarse, hasta donde sea económicamente posible, el paso por alguna de las calles de los centros de población siendo preferible construir libramientos a dichos núcleos.

En base al reconocimiento se localizan puntos obligados principales y puntos obligados intermedios, cuando el tipo de terreno no tiene problemas topográficos únicamente se ubicaran estos puntos de acuerdo con las características geológicas o hidrológicas y el beneficio o economía del lugar, en caso contrario se requiere de una localización que permita establecer pendientes dentro de los alineamientos o especificaciones técnicas.

**VELOCIDAD DE PROYECTO.****VELOCIDAD.**

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la fórmula:

$$V = d / t$$

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Una velocidad que es de suma importancia es la llamada velocidad de proyecto o velocidad directriz que no es otra cosa que aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional.

La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia ya que determina totalmente el costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos.

Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacer esto, tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor. Las velocidades de proyecto recomendadas por la secretaria de comunicaciones y transportes (S.C.T.) son las siguientes: tabla. 1.1 velocidad de proyecto.

<b>VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES</b>				
<b>TOPOGRAFÍA</b>				
<b>TIPO ESPECIAL</b>	<b>110 KM/H</b>	<b>110 KM/H</b>	<b>80 KM/H</b>	<b>80 KM/H</b>
<b>TIPO A</b>	70 KM/H	60 KM/H	50 KM/H	40 KM/H
<b>TIPO B</b>	60 KM/H	50 KM/H	40 KM/H	35 KM/H
<b>TIPO C</b>	50 KM/H	40 KM/H	30 KM/H	25 KM/H

Tabla. 1.1 velocidad de proyecto.

### **RECONOCIMIENTO TOPOGRÁFICO**

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se hará una entrevista o reunión con los beneficiarios para recoger datos de gran utilidad en el proyecto como lo relativo a afectaciones, características de ríos, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes y si es posible que alguna de esas personas auxiliara como guía en el reconocimiento técnico del camino.

Una vez hecho esto se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar en general las características:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Topográficas y complementarias

### **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE**

Distancia de visibilidad de rebase: La distancia de visibilidad de rebase se obtiene con la expresión:

$$D_r = \frac{V^2}{2g}$$

$D_r$  = Distancia de visibilidad de rebase, en metros

$V$  = Velocidad de proyecto, en Km/h

Los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de rebase se indican en tablas de clasificación y características de las carreteras. (Específico, en libros que hable de carreteras o libros de vías terrestres).

### DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO

Distancia de visibilidad de encuentro: la distancia de visibilidad de encuentro se obtiene con la expresión:

$$De = \frac{Dp^2}{2S}$$

En donde:

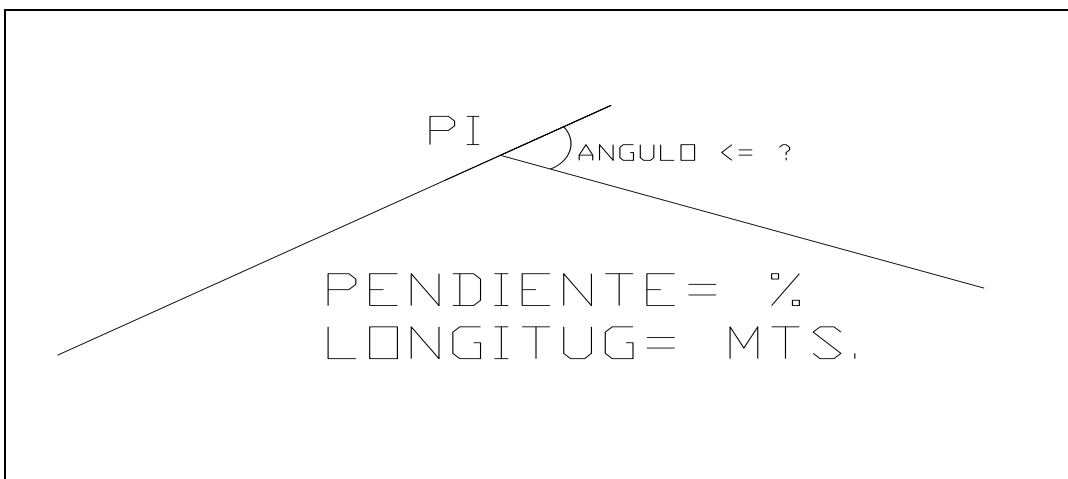
De= Distancia de visibilidad de encuentro, en metros

Dp= Distancia de visibilidad de parada, en metros

Los valores para la distancia de visibilidad de encuentro se indican en tablas. (Específico, en libros que hablen de carreteras o libros de vías terrestres).

### TRAZO DE CURVA HORIZONTAL

Trazo de curva horizontal: Se calcula por medio del trabajo definitivo del proyecto, tenemos que calcular una curva circular simple, de datos que se obtienen de una tabla que habla, tipos de carreteras y así se procede al cálculo de la curva. Y así es como se presenta el dibujo 1.1 de la curva horizontal:



Dibujo 1.1 curva horizontal.

## PROYECTO DE LA SUBRASANTE

La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los terraplenes.

Las pendientes se proyectan al décimo con excepción de aquellas en las que se fije anticipadamente una cota a un PI determinado.

Las pendientes ascendentes se marcan positivas y las descendentes con el signo negativo, teniendo en cuenta para su magnitud las especificaciones de pendiente, evitando el exceso de deflexiones verticales que demerita la seguridad y comodidad del camino o el exagerado uso de tangentes que resultaría antieconómico.

Las condiciones topográficas, geotécnicas, hidráulicas y el costo de las terracerías definen el proyecto de la subrasante, por ello se requiere, el realizar varios ensayos para determinar la más conveniente.

Una vez proyectada las tangentes verticales se procede a unir las mediante curvas parabólicas.

## DETERMINACIÓN ECONÓMICA

Después del proyecto de la subrasante, se calcula el espesor que es la diferencia entre la cota del terreno natural y la cota del proyecto.

Con el espesor se dibujan las secciones de construcción para calcular su área y con esta los volúmenes de corte y terraplén iniciándose así el procedimiento de la determinación económica de la subrasante que consiste establecer proporción para el proyecto del alineamiento vertical cuidando los costos y la calidad de los materiales según convenga al movimiento de terracerías.



### ÁREAS DE CORTE Y TERRAPLÉN

Las áreas de corte y terraplén son arrojadas del cálculo de la subrasante más económica.

Este procedimiento puede ser sencillo si se dibuja el perfil y la subrasante y pedirle a la computadora que calcule áreas, esto para poder comparar las áreas de corte y terraplén hasta llegar al punto más económico.

Y después de estos cálculos, se procede al llenado de unas tablas, claro teniendo en cuenta ya las propiedades de curva masa y ordenada curva masa.

Estos conceptos del proyecto geométrico son los básicos no afondo. El propósito es el procedimiento constructivo de un tramo (no especificado); de un pavimento flexible, pero siempre hay que tener en cuenta en la construcción de un camino o pavimento un proyecto geométrico.

### PROPIEDADES DE LA CURVA MASA

- La curva crece en el sentido del cadenamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
- En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentara un máximo y un mínimo respectivamente.
- Cualquier línea horizontal que corta a la curva en dos extremos marcara dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en este tramo por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén.

Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.

- La diferencia de ordenada entre dos puntos indicara la diferencia de volumen entre ellos.
- El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.
- Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.

**ORDENADA CURVA MASA**

- A continuación podemos observar en la tabla como se calculara la ordenada curva masa. Con los datos que se arrojarían de los cálculos anteriores. Y conforme nos guía las propiedades de la curva masa.
- Al observar en la tabla, cuando se tienen los valores de la elevación de la subrasante, las cotas de la tangente vertical y la elevación del terreno. Y llegan a ser iguales, es porque al principio del camino coinciden los mismos puntos, claro no siempre pasa, es dependiendo del terreno natural.
- En la casilla de corrección de la curva vertical, se alojan las cantidades de corrección de curva.
- Al igual que la corrección de la curva vertical, los espesores de corte y terraplén, se ubican para ser calculados.
- Las áreas de corte y terraplén son obtenidas del cálculo anterior de las áreas de secciones.
- En la última casilla de o.c.m. (ordenada curva masa); se da un valor arbitrario y se restan o suman los valores de corte o terraplén.

A continuación la siguiente tabla 1.2 de la ordenada curva masa:

D/2	Volumen		Coef. Variable		Vol. Increm.		Suma algebraica		Ordenada		
	corte	Terraplén	Volumétrica		O reducidos		Total	Terra		(+)	(-)
	I	%	corte	terr aplén	corte	terr aplén	corte	plén	corte	terra plén	O.C.M.

Tabla 1.2 ordenada curva masa.

### **OTROS CONCEPTOS DE PROYECTO GEOMÉTRICO**

**CONTRA CUNETAS:** Las contra cunetas son zanjas que se construyen paralelamente al camino, de forma trapecial comúnmente, con plantilla de 50 cms y taludes adecuados a la naturaleza del terreno.

La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la práctica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas, debido a que se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.

Si son necesarias, deberá, estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van a construir, alejándolas lo más posible de los taludes y zampeándolas en algunos casos para evitar filtraciones.

**ZAMPEADO:** Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presentan fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

**LAVADEROS:** Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lamina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaría la velocidad del agua.

**LAS BÓVEDAS:** De medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del rio.

**LOS VADOS:** Son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en causes amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo.

La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser construidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lamina.

Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también es causa de socavación.

**EL PUENTE – VADO:** Es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles ordinarios y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias.

La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los arboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

# **CAPÍTULO II**

## **GENERALIDADES DE PAVIMENTOS.**

**DEFINICIÓN DE PAVIMENTO.**

PAVIMENTO. Es una capa o conjunto de capas de material seleccionado y/o tratado, colocada entre la sub-corona y la superficie de rodamiento de una obra vial.

Que tiene como fin el tránsito de vehículos o personas, de manera, segura, rápida y cómoda.

Como se sabe, de acuerdo a su constitución y comportamiento, los pavimentos se dividen en dos grandes grupos: PAVIMENTOS RÍGIDOS Y PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Los primeros son aquellos que debido a los materiales que lo integran no son hábiles para recuperar su forma original cuando cesa la carga que los deforma.

Caso típico de éstos son los: PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO.

**PAVIMENTO RÍGIDO.**

DEFINICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO. Son pavimentos constituidos por una losa de concreto hidráulico (reforzado o no). Que se apoya sobre una capa granular o una capa estabilizada que sea uniforme o estable.

Y se elabora de un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible; su periodo de vida varía entre 20 y 40 años.

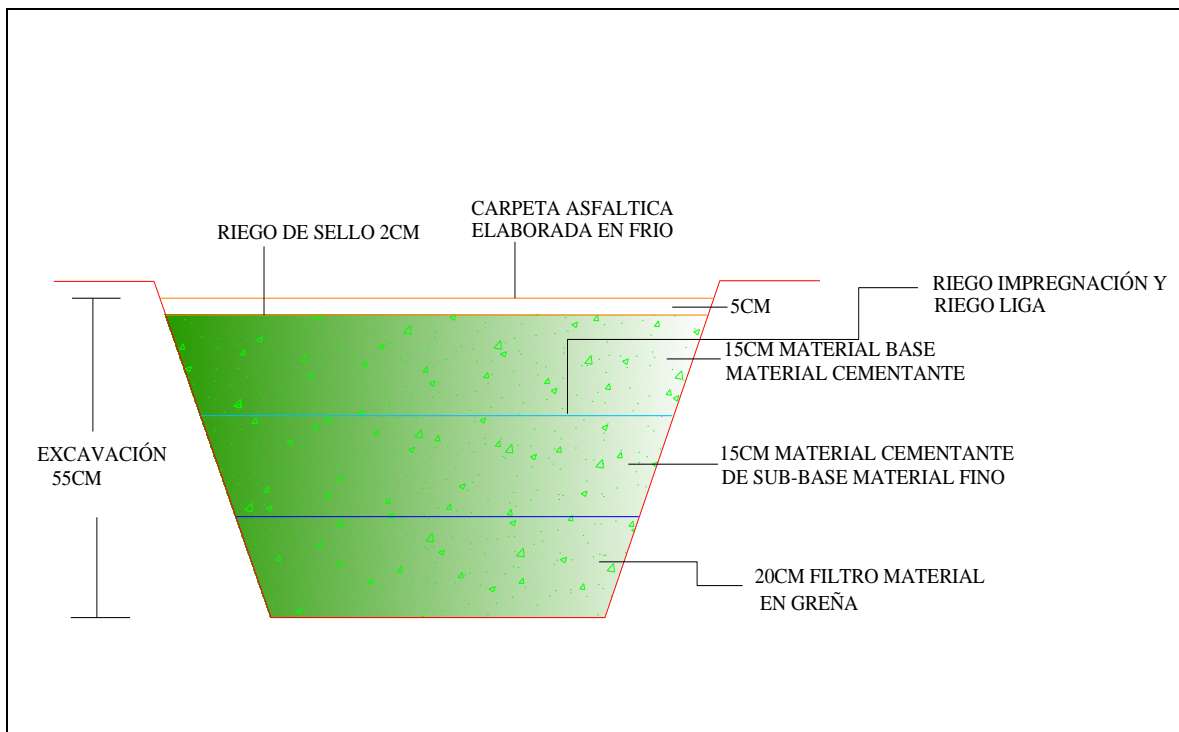
Y los segundos (TEMA DE ESTA TESIS), son que los PAVIMENTOS FLEXIBLES dentro de su límite de capacidad, pueden volver a su forma inicial al término de la acción de la carga. Ejemplo de estos son los construidos con carpeta asfáltica.

### PAVIMENTO FLEXIBLE.

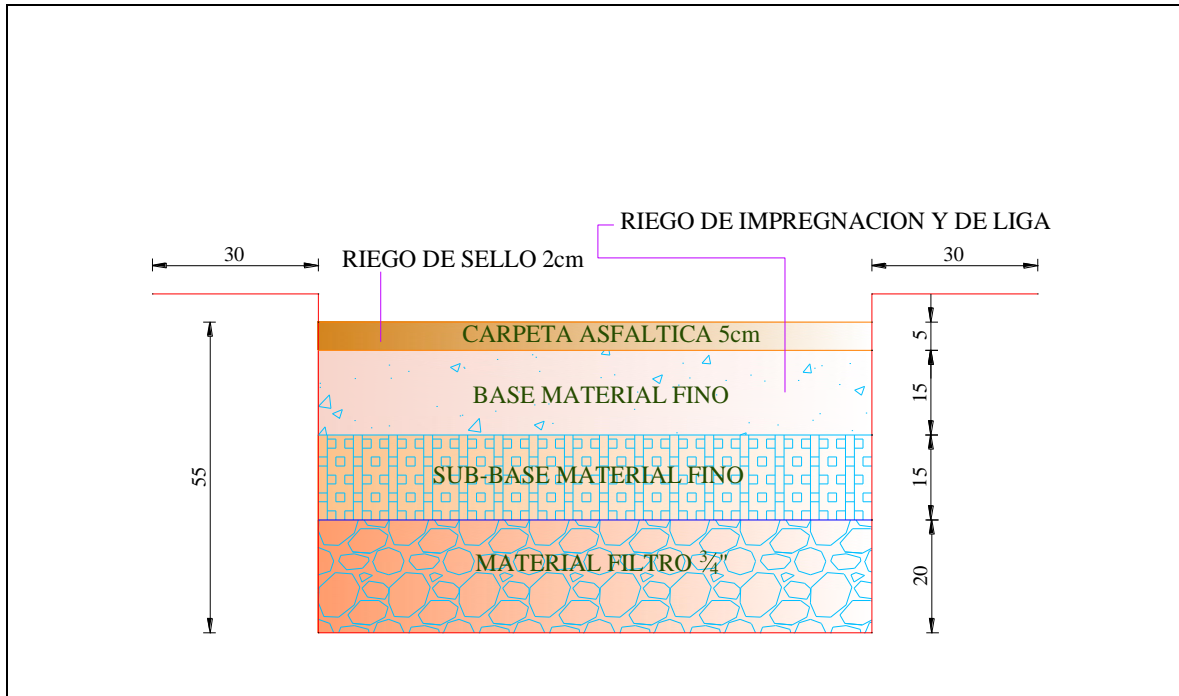
EL PAVIMENTO FLEXIBLE. Es la estructura que se coloca sobre la terracería y que va a servir como la superficie de rodamiento a los vehículos. En su forma completa y en orden ascendente, el pavimento flexible está constituido por la sub-base, que es la capa que se coloca directamente sobre la subrasante; por la base y por la carpeta asfáltica, que es propiamente la superficie de rodamiento.

Tiene un periodo de vida de 10 y 15 años, es más económico en su construcción inicial y tiene la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

### DIBUJO 2.1 DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y DIBUJO 2.2



Dibujo 2.1 pavimento flexible.



Dibujo 2.2 pavimento flexible.

### **FUNCIONES PRINCIPALES DE UN PAVIMENTO.**

- 1) Transmitir a la subrasante los esfuerzos provocados por los vehículos, de tal forma que no generen deformaciones perjudiciales en la misma o sea que los esfuerzos que el pavimento trasmite a la subrasante no deben exceder o su resistencia o capacidad de carga.
- 2) Proteger a la subrasante de los efectos perjudiciales de las lluvias y heladas.

### **FUNCIONES PARTICULARES DE LA CARPETA ASFÁLTICA.**

- 1) Proporcionar una superficie adecuada de rodamiento a los vehículos, que sea antiderrapante y que refleje los rayos luminosos.

## EN EL SIGUIENTE: DIBUJO 2.3 CAPA ASFÁLTICA DE RODADURA



Dibujo 2.3 capa asfáltica de rodadura.

- 2) Impedir la entrada del agua a las capas inferiores de la estructura del pavimento.
- 3) Transmitir los esfuerzos provocados por el tránsito a la siguiente capa o sea la base del pavimento.

La habilidad para soportar cargas de los suelos que forman las diferentes estructuras, depende de dos características principales de los mismos: **FRICCIÓN INTERNA Y COHESIÓN**.

**FRICCIÓN INTERNA:** Es la resistencia al movimiento que presenta dos o más partículas de suelo en contacto, que varía con la rugosidad de las partículas con la presión que las mantiene en contacto.



**COHESIÓN:** Es la resistencia que presenta las partículas de suelo a separarse una de otra debido a la acción de la arcilla y del agua en el caso de los suelos o bien al del cemento asfáltico en el caso de las carpetas.

Su comportamiento es influenciado por las leyes de fricción de los líquidos y esta resistencia al deslizamiento es independiente de la presión y varía en forma directa con el área y con la velocidad.

Podemos decir que si tenemos dos partículas de arcilla en presencia del agua, es muy común que en el agua se presenten iones con carga positiva, tales como los iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ), de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) o de aluminio ( $\text{Al}^{+++}$ ).

En cantidad necesaria para balancear los iones de carga negativa que existe en la superficie de las partículas de arcilla.

**DEFINICIONES DE OTROS TÉRMINOS.**

CAPA DE RODAMIENTO: Es una carpeta asfáltica.

CARPETA ASFÁLTICA

-MEZCLA ASFÁLTICA ENDURECIDA Y COMPACTADA.

-MEZCLA ASFÁLTICA= MATERIALES PÉTREOS +  
MATERIALES ASFÁLTICOS.

MATERIALES  
ASFÁLTICOS

-CEMENTO ASFÁLTICO --- CONCRETO ASFÁLTICO  
O

-EMULSIÓN ASFÁLTICA – MEZCLA EN FRÍO ( C.A.  
+ AGUA + EMULGENTE).

MEZCLA ASFÁLTICA=  
PÉTREOS + MATERIALES  
ASFÁLTICOS

C.A. = ES MEZCLA EN CALIENTE.

EMULSIONES = MEZCLA EN FRIO

**DESPLANTE.** Es la superficie compactada y/o sin compactar, sobre lo cual asienta en el camino.

**SUB-DRENES.** Son zanjas con tubería perforada que van en la parte inferior, rellenas con material con características especiales, de tal manera que sirva de filtro y tiene como objeto colectar y desalojar agua del suelo.

**DRENES CIEGOS.** Son usuales los drenes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evite filtraciones mas allá de donde se desea.

Dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir, son funcionales en varios tipos del camino.

La plantilla de estos es de 45 cm. Y de 80 a 100 cm. De profundidad, el material se graduara cuidadosamente en capas con tamaños uniformes.

**DRENAJE.** Está constituido por las alcantarillas y puentes que permiten el paso del agua de un lado a otro de la carretera.

**DRENAJE SUBTERRÁNEO.** El drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar la humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos del material.

**ALCANTARILLA.** Es una obra de drenaje transversal con claro menor de 6 mts. Y son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra, madera.

Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada o salida, podemos decir que actualmente que en los caminos rurales, las más usuales son las alcantarillas laminares.

**BOMBEO.** Es la pendiente transversal de la superficie de las capas que constituyen la obra vial. Y tienen por objeto el escurrimiento del agua.

**CORONA.** Es la superficie entre las aristas superiores de los taludes del terraplén y las inferiores de la cuneta de un corte.

**PUENTE.** Es una obra que ayuda a recortar tramos de un camino muy accidentado y son estructuras de más de seis metros de claro, se distinguen de las alcantarillas por el colchón que estas levantan en la parte superior.

La estructura de un puente está formada por la infraestructura, la subestructura y la superestructura.

La infraestructura se manifiesta en zapatas de concreto o mampostería, cilindros de cimentación y pilotes.

La subestructura forma parte de un puente a través de pilas centrales, estribos, columnas metálicas sobre pedestales de concreto, caballetes de madera, etc.

La superestructura integra la parte superior de un puente por medio de través de concreto o metálicas, vigas y pisos de madera, losas de concreto, nervaduras armadas de fierro, madera, cable, etc.

ACOTAMIENTOS. Es un interlineado de la orilla de la carpeta asfáltica y la corona.

RASANTE. Es la superficie de rodamiento de una carretera o pista de un aeropuerto.

ASFALTO. Es un material bituminoso de color negro o café oscuro, constituido principalmente por asfaltenos (chapotote), resinas y aceites.

Tiene propiedades cementantes a temperaturas ambientales normales.

Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida.

Bitumen. Es una mezcla natural de hidrocarburos que no poseen cuerpos oxigenados.

CARPETA ASFÁLTICA. Es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento.

Y se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos (emulsiones).

RIEGO DE IMPREGNACIÓN. Es el producto asfáltico que se aplica sobre la superficie de la base. Con la finalidad que penetre en la base.

Y a este término de la construcción se le conoce también como “RIEGO DE PENETRACIÓN” y su objetivo es el de proteger la base hidráulica contra la lluvia y el tránsito normal de vehículos ligeros durante la construcción.

Además sirve como una zona de transición entre la base hidráulica y la capa asfáltica siguiente.

El riego de impregnación es la aplicación de un asfalto fluidizado a la base granular de un pavimento que no ha sido tratado previamente, con la finalidad de obtener una superficie negra, de impermeabilidad uniforme, con mayor resistencia y sin la presencia de polvo o partículas minerales sueltas. Estas condiciones permiten extender adecuadamente las capas asfálticas superiores sin que exista un conocimiento de las mismas.

La impermeabilidad de la base impide la penetración de más humedad y evita que no se evapore el agua y no se pierda la compactación.

Para el riego de impregnación se utilizan asfaltos de baja viscosidad, propiedad que debe mantenerse durante cierto tiempo para que el asfalto (emulsión) pueda penetrar ligeramente la capilaridad.

Estas exigencias varían según el tipo de base a tratar, las bases con alto contenido de suelo de grano fino sobre todo si estos son arcillosos, presentan una cierta dificultad para impregnar.

La cantidad de ligante necesaria se suele fijar como la que es capaz de absorber la base en un periodo de 24 horas (0.8 – 1.2 lts/m<sup>2</sup> de emulsión).

Después de este periodo las zonas especialmente ricas en asfalto pueden cubrirse con arena o árido fino (poreo de arena) para absorber el exceso y las zonas especialmente porosas se tratan con un nuevo riego de impregnación.

Anteriormente en México y en otros muchos países la mayoría de las impregnaciones se efectuaban con rebajados asfálticos de fraguado medio y no con emulsión asfáltica.

Algunas impregnaciones se han realizado con asfalto modificado con solventes ligeros obteniendo malos resultados por la evaporación rápida del solvente, quedando el asfalto en la superficie de la base sin lograr el objetivo de la impregnación.

Algunos constructores al no penetrar la emulsión en la superficie adicionan un poco de arena con el propósito de que esta absorba el asfalto residual.

Otra opción consiste en el “RIEGO A CIELO ABIERTO”, en el cual, la base no se compacta totalmente y la emulsión logra impregnar.

Para obtener resultados aceptables al utilizar emulsiones en la impregnación, se propone modificar el estado original del asfalto con aditivos orgánicos para su posterior emulsificación.

La función de este aditivo orgánico sobre el asfalto original es la de disminuir la viscosidad del mismo, reblandeciéndolo, logrando obtener el la molienda un tamaño de partículas mucho menor (décimas de micra) que el obtenido con el asfalto original (de 3 a 8 micras).

Con este tamaño de partículas mucho menor, se obtienen emulsiones que favorecen la penetración de las mismas en la base granular.

Las partículas de asfalto que quedan en la superficie formando la membrana del asfalto siguen impregnando debido a su viscosidad modificada hasta que es absorbida por la base, cubriendo así los huecos y poros, logrando la impregnación en periodos de tiempo aproximadamente 24 horas.

Este tipo de aditivos no se volatilizan ni se separan del asfalto, logrando endurecer la capa asfáltica después de que se ha logrado la impregnación.

Con este tipo de emulsión se evita la contaminación ambiental causada por la evaporación de solventes orgánicos y se obtiene un ahorro energético al utilizar estos solventes en otras aplicaciones más útiles.

Cabe señalar que el riego de impregnación funciona solamente como una protección para la base granular, sin que esto signifique que después de aplicarlo quede lista en una superficie de rodamiento. Lo mas conveniente es proteger la base ya sea con una carpeta asfáltica o con un riego de sello (riego de gravilla).

La formulación para este tipo de emulsión depende principalmente del tipo de base a tratar, lo más recomendable es hacer pequeños tramos de prueba para lograr mejores resultados.

**A continuación algunas fotos de la aplicación del riego de impregnación (riego de penetración). Fotos de la 2.1 a la 2.5**



Foto 2.1 Riego de impregnación.





Foto 2.2 Riego de impregnación.



Foto 2.3 Riego de impregnación.





Foto 2.4 Riego de impregnación.



Foto 2.5 Riego de impregnación.

RIEGO DE LIGA. Se dice riego de liga porque es el producto asfáltico que se aplica sobre la base de impregnación y antes de la construcción de la carpeta asfáltica; para su propósito que allá continuidad entre estas dos capas.

Es un tratamiento superficial para unir capas, sea una base hidráulica con una capa asfáltica o una capa asfáltica con otra del mismo tipo.

Las cantidades de emulsión que se emplean son las mínimas necesarias, siempre de acuerdo con las superficies a tratar; mientras mas porosa mayor será la cantidad que se deba emplear.

Generalmente el riego de liga se hace en el momento de realizar el tendido de la capa asfáltica (como se comentó en el principio de la definición de riego de liga).

Se dice así, porque el riego de liga es como un pegamento, se aplica a la capa base de impregnación, y cuando se extiende la otra capa la carpeta asfáltica; se adhiere el riego de liga entre la capa base y el tendido de la capa la carpeta asfáltica.

Cuando hay superficies muy secas y polvosas es necesario barrer correctamente y dar un riego ligero de agua para romper la tensión superficial.

La dosificación típica es de 0.5 a 1.2 lts / m<sup>2</sup> siendo la mas usual la de 0.8 lts / m<sup>2</sup>.



**A continuación algunas fotos del Riego de liga. Fotos de la 2.6 a la 2.8**



Foto 2.6 Riego de liga.

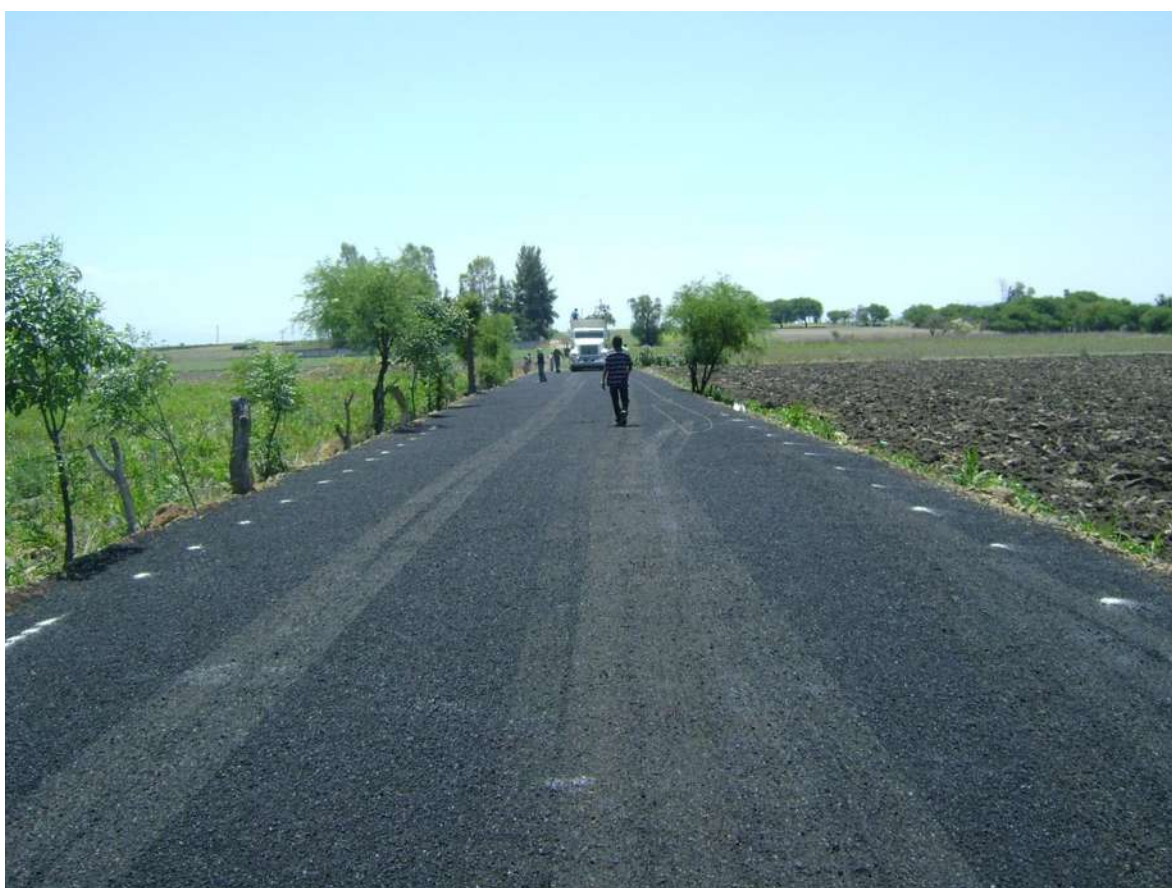


Foto 2.7 Riego de liga.



Foto 2.8 Riego de liga.



RIEGO DE SELLO. El riego de sello, también se le conoce como riego de gravilla.

Este tipo de riego sirve para proteger y sellar la superficie de un pavimento, sea sobre la base hidráulica, base negra o carpeta.

Las funciones de este tipo de riego son las de proporcionar:

- a) Protección para la estructura del pavimento.
- b) Una capa impermeable y que toma algunos esfuerzos tangenciales de aceleración y parada.
- c) Una capa de rodamiento con rugosidad.

Este tipo de riegos puede ser simple o múltiple.

La dosificación típica es de 1.6 a 2.0 lts / m<sup>2</sup> siendo la más usual 1.8 lts / m<sup>2</sup>.

La emulsión catiónica empleada debe cumplir las siguientes características:

- I. Buena adhesividad con todo tipo de agregados (calizos y silicosis).
- II. Fluidez suficiente para que permita un buen expresado sobre la superficie por parte de la petrolizadora y una fácil humectación de los materiales.
- III. Ruptura rápida que permita desarrollar cohesión con el material pétreo en el menor tiempo posible.
- IV. Adecuada viscosidad en relación con el tamaño del agregado y con las características geométricas del trazado de la carretera para evitar escurrimientos.

Las condiciones climatológicas tiene marcada influencia en el tiempo de rompimiento, aun cuando la emulsión es significativamente tolerante a estas condiciones, su rompimiento se afecta sensiblemente bajo condiciones extremas de frío y humedad.

La temperatura normalmente en campo para su aplicación es de 40 a 60<sup>0</sup>c.

CONDICIONES DE APLICACIÓN. Las condiciones de aplicación. El equipo necesario para la aplicación de este tipo de riego consta en una barredora mecánica o personal de limpieza, petrolizadora, camiones de volteo equipados con esparcidores y un compactador tipo plancha ligero o del tipo neumático de preferencia.

#### PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL RIEGO DE SELLO (GRAVILLA).

- Limpiar la superficie por sellar.
  
- Por medio de la petrolizadora regar la cantidad necesaria de emulsión. Es muy importante una dosificación adecuada de la emulsión, para esto se debe tomar en cuenta las condiciones de la superficie por sellar (regularmente carpeta asfáltica). Los difusores de la petrolizadora (espreas), deben estar limpios para asegurar un riego uniforme de emulsión.
  
- Inmediatamente, por medio de los camiones de volteo y el mecanismo esparcidor, se cubre con el riego de sello (riego de gravilla); la emulsión, dosificándola de manera que quede una capa uniforme con el espesor adecuado permitiendo el perfecto cubrimiento de toda el área por sellar. Es importante que el riego de sello (riego de gravilla), se efectúe en forma uniforme antes de que se produzca el rompimiento de la emulsión regada con la finalidad de asegurarse que las partículas de material pétreo tengan adecuada adherencia con el ligante asfáltico, evitando su desprendimiento. Dicho rompimiento puede detectarse cuando la emulsión cambia su color de café a un negro brillante.
  
- La compactación debe también efectuarse inmediatamente después de la extensión del material pétreo para que este y el ligante puedan terminar de adherirse convenientemente. para efectuar esta operación se recomienda principalmente los compactadores del tipo neumático ya que no destruyen las partículas de material y se adaptan mejor a las irregularidades de la superficie por sellar, dando como resultado una mejor fijación del material sobre la misma.

**RECOMENDACIONES GENERALES DEL RIEGO DE SELLO (RIEGO DE GRAVILLA).**

- ❖ Se recomienda utilizar materiales libres de polvo para que cumplan con las especificaciones y tengan mejor adherencia con el asfalto. Otra opción es pre mezclarlo con emulsión antes de efectuar el riego.
- ❖ Otra observación muy relacionada con el punto anterior es la de humedecer el material pétreo con el fin de eliminar el polvo adherido al sello. Una variante de esta opción es la de pre mezclar con emulsión dicho material pétreo antes de efectuar el riego de sello (riego de gravilla).

Este tipo de tratamientos superficiales es recomendable que se apliquen con emulsión de rompimiento rápido (ERR); ya que normalmente hay flujo de vehículos en donde se hace este tipo de trabajos y se requiere del menor tiempo posible para su aplicación.

**A continuación algunas fotos del Riego de Sello (Riego de Gravilla). Fotos de la 2.9 a la 2.14**



Foto 2.9 Riego de sello.



Foto 2.10 Riego de sello.



Foto 2.11 Riego de sello.





Foto 2.12 Riego de sello.



Foto 2.13 Riego de sello.



Foto 2.14 Riego de sello.



# **CAPÍTULO III**

## **ESTRUCTURACIÓN DE PAVIMENTOS.**

## SUBRASANTE

**DEFINICIÓN DE SUBRASANTE.** Se considera como subrasante, una capa de material adecuado con un espesor variable de 30 a 50 cm; que constituye la capa superior de la terracería.

## DEFINICIÓN DE TERRACERÍA.

**TERRACERÍA.** Se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y terraplenes, formadas principalmente por la sub-rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por materiales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento.

Cuando se va a construir un camino que presente un TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm.

**A continuación una foto de la terracería. Capa Filtro (producto de corte y terraplén).  
Foto 3.1**



Foto 3.1 Terracería.

**BANCOS DE PRÉSTAMO.**

Generalmente el material que se emplea en un terraplén es el que se encuentra sobre la misma ruta producto de cortes o préstamos laterales.

Los bancos deberán contener como mínimo  $10,000\text{m}^3$  de material para que sea explotable.

Los bancos para sub-rasante deberán ser homogéneos, y de esta manera evitar que los espesores del pavimento varíen con demasiada frecuencia, los podemos encontrar en formaciones de roca muy alterada o en bancos arenosos estratificados.

**TIPOS DE BANCO DE PRÉSTAMO:**

- Longitudinales: son productos de los cortes.
  
- Laterales: distancia al eje del camino de hasta 20 metros.
  
- Banco de préstamo: distancia al eje del camino de hasta 100 metros, más de 10 km, no es costearable.

**SUB-BASES Y BASES DE PAVIMENTO.**

SUB-BASES Y BASES DE PAVIMENTO. La principal función de la sub-base y de la base de pavimento es la de transmitir respectivamente a la subrasante y a la subrasante o sub-base las cargas impuestas por los vehículos, en forma tal de no provocar en éstas deformaciones que puedan ser perjudiciales.

Además, ambas capas deberán tener a su vez la resistencia necesaria para que los esfuerzos que les son transmitidos no ocasionen deformaciones excesivas.

Estas condiciones se satisfacen mediante:

- A. Una cuidadosa selección de los materiales empleados.
- B. Un tratamiento adecuado de ellos desde que son extraídos de los bancos previamente fijados, hasta que son compactados en el camino.
- C. Un diseño racional de los espesores de las capas, en función de las características de la subrasante y del tipo y frecuencia de las cargas que va a soportar el pavimento.

Además de estas funciones que son comunes a la sub-base y a la base del pavimento, la primera podrá tener una o varias de las funciones siguientes:

- a) Actuar como capa aislante que impida la ascensión de finos arcillosos de la subrasante para evitar la contaminación del material de base de pavimento con dichos finos, ya que ocasionaría en presencia del agua, un descenso en la capacidad de carga de la base.
- b) Abaratar el costo de la construcción ya que se utilizan materiales con especificaciones de calidad menos rigurosas que las de base de pavimento y que por regla general se obtienen a menor costo.

- c) Cortar la ascensión capilar del agua a las capas superiores de la estructura del pavimento.
- d) Actuar en ciertos casos como dren para evitar la saturación de la subrasante por el agua que pudiera haber percolado por falta de impermeabilidad de la carpeta asfáltica.

Para que puedan cumplirse las funciones antes anotadas se deberá procurar siempre que las sub-base o bases de pavimento se construyan con materiales homogéneos, de la calidad requerida y en capas de espesor uniforme de acuerdo con el estudio de espesores efectuado.

Deberá además compactarse el material con una humedad cercana a la óptima hasta obtener como mínimo un 95% de su peso volumétrico, determinando previamente por pruebas de laboratorio.

Los materiales para sub-base o base de pavimento, de acuerdo con el tratamiento a que deban sujetarse después de haber sido extraídos del banco, a fin de que presenten características adecuadas para su empleo, se clasifican en los siguientes grupos:

1. Materiales que no requieren trituración ni cribado, entre los que se encuentran los no cohesivos como mezclas de grava-arena y limo los materiales con cohesión como tepetate, caliches, conglomerados, etc. Que requieren un proceso de disgregado para desbaratar los grumos o terrones.
2. Materiales que requieren un cribado para eliminar las partículas mayores de 51 mm. (2”), cuando estas se presentan en proporción comprendida entre 5 y 25% en los materiales no cohesivos mencionados.

Entran también dentro de este grupo aquellos a los que además de eliminar el material mayor de 2”, sea necesario eliminar el material fino menor de 6 mm. (1/4) por ser de calidad inadecuada, generalmente de plasticidad excesiva.

3. Materiales que requieren ser sometidos a proceso de trituración parcial y cribado por una malla con abertura de 38 mm (1 1/2”), que son los poco o nada cohesivos que presentan mas de un 25% de partículas mayores de 51 mm (2”), o bien los materiales cohesivos que al ser disgregados con equipo adecuado presentan mas de un 5% de partículas de tamaño mayor del anteriormente indicado. En este último caso, se somete únicamente al proceso de trituración parcial, sin disgregación previa.
  
4. Los materiales que requieren una trituración total y cribado por la malla de 38 mm. (1 1/2”), que pueden ser producto de la explotación de mantos de roca o bien trozos de la misma que se encuentran en depósitos y aun piedra que se obtiene por pepena.

El primer caso, el de los materiales que no requieren ningún tratamiento o bien un simple disgregado que se efectúa normalmente con un rodillo liso metálico tirado por un tractor de orugas, se presenta con menos frecuencia en los materiales para base de pavimento que en los materiales par sub-base.

Como ejemplos citar: materiales obtenidos de depósitos de río, conglomerados, Areniscas, tepetates, caliches y granitos desintegrados.

Si el desperdicio es del orden del 5%, en el camino no se hace la eliminación de esos tamaños mayores. En caso de que se trate de rocas alteradas, factibles de ser disgregadas, es conveniente en muchos casos utilizar para el disgregado rodillos de rejillas con peso de 13 ton.

Como norma general, los materiales de sub-base puedan ser mas fino que los de base, principalmente si las terracerías son finas y arcillosas, en cuyo caso se requiere una textura cerrada para aislar dichos finos e impedir que con el tiempo puedan ascender y contaminar la base.

Esta ultima debe, en todos los casos, construirse con materiales que contengan relativamente pocos finos, digamos un 15% máximo de material que pase la malla 200, a fin de evitar problemas al aplicar el riego de impregnación para impermeabilizar la base.

El segundo caso es el de los materiales formados por la mezcla de grava-arena y limo o bien los conglomerados medianamente cementados que contienen un desperdicio (material mayor de 2") comprendido entre el 5 y el 25% del total, que hace necesario someterlos a su proceso de cribado por una malla con abertura de 51mm. (2") para eliminar el material de tamaño mayor.

Si en la base o sub-base se permitiera la presencia de partículas de tamaño mayor que el señalado, se presentarían defectos en la compactación, ya que al quedar algunas de dichas partículas en la superficie, impedirían la compactación correcta del material que las rodea, el cual quedaría suelto, debido a que el esfuerzo de compactación se concentraría en las partículas mayores, sobre todo cuando se emplean rodillos lisos metálicos.

Hay ocasiones en que es necesario efectuar el cribado por dos mallas, la de 51 y la de 6mm. Para eliminar las partículas mayores así como los finos, cuando éstos presentan plasticidad excesiva y sea preferible sustituirlos por material de otra procedencia que tenga calidad adecuada.

Estas operaciones de cribado se efectúan comúnmente en cribas de tipo vibratorio o rotatorio, generalmente instaladas en el mismo banco.

Los materiales comprendidos dentro de éste grupo se emplean con frecuencia en la construcción de sub-base de pavimento ya que su tratamiento es relativamente a bajo costo.

A veces, cuando se trata de gravas-arenas obtenidas en depósitos de río, es necesario mejorar sus características, agregando un material que actúe como cementante y que además supla la eficiencia de finos que a menudo se presenta. Es muy importante lograr la cementación debida, máxime si las partículas afectan formas redondeadas que favorecen una deficiente trabazón mecánica.

En caso de los suelos que requieren trituración parcial como los anteriormente señalados (no cohesivos) y si el porcentaje de partículas mayores de 51mm. (2") excede de 25%, resulta preferible pasar todo el material por una planta trituradora compuesta de una criba de 38mm. (1 1/2") de abertura y una quebradora primaria, ya que queda compensada la diferencia entre el costo de la trituración parcial y el de la simple operación de cribado, al poder utilizarse todo el volumen extraído del banco.

En el caso de los materiales "cribados" hay que efectuar operaciones de extracción, de transporte a la planta y de cribado, transporte del material de desperdicio que se elimina en la planta, lo cual grava el costo final del producto aprovechable.

Otra ventaja que se obtiene de la trituración es que al producirse fragmentos angulosos, se aumenta la fricción interna entre las partículas y se tiene un mejor acunamiento, lo cual redundará en una mayor estabilidad del material compactado. Si el producto presenta cementación baja, se hace necesario como en el caso anterior, adicionar un suelo fino que actúe como cementante.

También es indicado el proceso de trituración parcial en los materiales cohesivos, que al ser disgregados con equipo adecuado para el objeto, presentan un porcentaje de material mayor de 2", superior al 5%.

Por especificación, se considera que al tratar de disgregar capas de 20 a 40cms. De espesor de un material de este tipo, con rodillo liso de peso comprendido entre 9 y 12 ton. Por mancuerna, arrastrado por tractor de oruga, se obtiene un rendimiento inferior a 330m<sup>3</sup>/hora, el material debe considerarse dentro del grupo de los que requieren trituración parcial.

Los suelos parcialmente triturados se utilizan de preferencia en la construcción de bases de pavimento y su comportamiento se considera como muy satisfactorio.

Por último tenemos al grupo de materiales que requieren trituración total, la cual se lleva a cabo en una planta que debe estar constituida por una criba con abertura de 38mm. (1 1/2"), una quebradora primaria, generalmente del tipo de "quijadas" y una secundaria, que comúnmente es del tipo de "rodillos".

Es necesario que la trituración se efectúe en dos pasos para obtener una granulometría satisfactoria del producto de la trituración, ya que las rocas tienen la tendencia a producir pocos finos cuando pasan exclusivamente por una quebradora primaria. Por otra parte, para que el trabajo de esta máquina se considere eficiente es menester que la "relación de reducción" o sea la relación entre el tamaño máximo del material alimentado al tamaño máximo del material ya triturado, quede comprendido entre los valores de 5.4 y 8.7

A pesar de utilizar la combinación de primario y secundario, en la mayoría de los casos es necesario adicionar un cementante que corrija a la vez la deficiencia de finos, que se acentúa a medida que la roca triturada es mas sana.

Los materiales que se someten a un proceso de trituración total son los obtenidos por manto de roca, mediante el uso de explosivos de detonación o bien aquellos fragmentos grandes de roca que se encuentran sueltos en depósitos, así como piedra de "pepena". Todos estos tipos se utilizan de preferencia en la construcción de bases y por el proceso a que se someten son los de mayor costo de los que hemos analizado en el contexto.



Los materiales para sub-base o base de pavimento, una vez tratados según lo señalo en los distintos grupos, se transportan al camino o aeropista, donde se descargan formando montones que quedan espaciados a las equidistancias convenientes, para tener el volumen necesario de acuerdo con el espesor proyectado para la capa de material compacto de que se trate.

En seguida, con la ayuda de una motoconformadora (equipo pesado), se revuelve el material y se forma un camellón de sección uniforme para facilitar su cubicación, si es que no se llevó el control exacto del volumen en el equipo de transporte.

De este material se toman las muestras necesarias para comprobar la calidad del mismo, mediante ensayos de laboratorio y si resulta satisfactorio, se procede a incorporar el agua necesaria para la compactación y a distribuirla en forma uniforme, hecho lo cual se continua con el tendido en una o varias capas de espesor uniforme. Todas estas operaciones se ejecutan por medio de una motoconformadora (equipo pesado).

Si hace falta efectuar un mejoramiento del producto ya sé que se trate de incorporarle un cementante o bien de abatir su plasticidad mediante la adición de uno de características arenosas, deberán formarse dos camellones, uno frente al otro, de los materiales que se van a mezclar. La operación de mezclado deberá hacerse en seco, cuando los materiales se encuentren perfectamente disgregados, para poder obtener una combinación de composición homogénea. Luego se procede a las operaciones de incorporación de agua y tendido señaladas.

La compactación de la capa de material se puede llevar a cabo con rodillos metálicos de 3 ruedas, de 12ton. de peso o bien con rodillos neumáticos, de peso no menor de 12ton. cuando se utilicen estos, es conveniente que la compactación inicial se haga con rodillo liso y también que se utilice al final para borrar las huellas de los neumáticos.

En caminos, la compactación de los tramos en tangente o en las curvas sin sobreelevación, debe hacerse de las orillas hacia el centro y en las curvas con sobreelevación, de la parte interior hacia la exterior de la curva.

Mediante pruebas de laboratorio, que se describen adelante, se determina el peso volumétrico alcanzado, a fin de conocer si se satisface el grado mínimo de compactación que fijan las especificaciones respectivas.

Las determinaciones de referencia se efectúan al centro y a los lados de la capa compactada, tomando secciones a cada 100mts. de separación.

Sobre la sub-base que ya ha alcanzado la compactación requerida, se construye a continuación la base de pavimento, procurando cierta continuidad en las operaciones para evitar que la primera vaya a ser dañada si queda mucho tiempo abierta al tránsito, sin protección.

Cuando se ha terminado de compactar la base, se aplica un riego asfáltico con un rebajado de fraguado medio, generalmente, cuyo objeto es el de impermeabilizar su superficie, aglutinar el material superficial y favorecer la liga de la base con la carpeta asfáltica que se construya posteriormente.

Y según la secretaria de asentamientos humanos y obras públicas (S.C.T.). establece en sus especificaciones generales de construcción que: para dar por terminada la construcción de la capa sub-base y la capa base, que se verifican el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y la sección (forma, espesor, anchura y acabado).

**A continuación algunas fotos de la capa SUB-BASE. Fotos de la 3.2 a la 3.7**



Foto 3.2 Sub-base.



Foto 3.3 Sub-base.





Foto 3.4 Sub-base.



Foto 3.5 Sub-base.



Foto 3.6 Sub-base.





Foto 3.7 Sub-base.

**A continuación algunas fotos de la capa BASE. Fotos de la 3.8 a la 3.13**



Foto 3.8 Base.





Foto 3.9 Base.



Foto 3.10 Base.



Foto 3.11Base.





Foto 3.12 Base.



Foto 3.13 Base.

**MUESTREO SISTEMÁTICO. SUB-BASES Y BASES DE PAVIMENTO.**

Para asegurarse de que los materiales con que se construirán las sub-bases o bases de pavimento son de la calidad adecuada, es necesario efectuar además de los ensayos correspondientes, un muestreo sistemático, siguiendo el criterio que enseguida se expone:

A. MUESTREO DE BANCOS. Para fijar el banco donde deberán extraerse los materiales se harán sondeos en la superficie hasta la mayor profundidad posible, procurando situar dichos sondeos a equidistancias no mayores de 20mts. Formando una cuadrícula. Si la dureza o cementación natural lo permiten, los sondeos consistirán en pozos a cielo abierto en los cuales se tomara la muestra del material extraído de una “canal de sección lo más uniforme posible que abarque toda la profundidad del pozo”.

Si se trata de bancos de roca, se tomarán muestras de los afloramientos a fin de tener una idea aproximada de la calidad y si ésta promete ser satisfactoria, se harán posteriormente exploraciones utilizando explosivos o bien extrayendo corazones con máquinas perforadoras de corona de diamante.

Cuando el banco probablemente se localiza en un corte del camino o bien cuando se trata de un banco ya explotado, además de hacer los sondeos anteriormente indicados, deberá muestrearse todo el frente, haciendo canales como se dijo. Si el material se presenta en estratos de calidad que se estime diferente, es preferible obtener por separado una muestra de cada estrato.

A fin de no hacer un número excesivo de sondeos en un banco de calidad dudosa, es conveniente hacer una primera exploración mediante sondeos ubicados a un mayor espaciamiento y conocidos los resultados se decidirá si conviene continuar la exploración o desechar el banco.

B. MUESTREO EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO. En las plantas de trituración o cribado, las muestras deberán obtenerse de preferencia en la descarga de la banda transportadora del material ya procesado, interceptando a intervalos regulares (15 minutos por ejemplo) toda la corriente para tomar la muestra.

Si esto no es posible, tomara del material que está siendo cargado al camión que lo transporte a la obra, escogiendo un vehículo por cada 45m<sup>3</sup>.

C. MUESTREO DEL MATERIAL ACARREADO A LA OBRA. Para muestrear el material que se encuentre en la obra, deberá hacerse previamente una operación de mezclado con la motoconformadora, a fin de homogeneizarlo lo más posible y ya cuando esté formado un camellón de sección uniforme, se procederá a tomar muestras de unos 10kgs. Cada una a equidistancias que correspondan a unos  $45\text{m}^3$  de volumen.

La muestra se formara tomando paladas de material en ambos taludes del camellón y a diferentes alturas para asegurar que sea lo más representativa posible.

D. CUARTEO DE MUESTRAS. Para reducir de volumen una muestra o para combinar varias y obtener una representativa, se sigue el procedimiento llamado de “CUARTEO”, que consiste en hacer sobre una lona una mezcla homogénea de la o las muestras, traspaleando de un sitio a otro todo el material, por lo menos 4 veces.

A continuación una gráfica por la S.C.T. (secretaría de asentamientos humanos y obras públicas). De informe de ensaye en materiales para sub-base y base [tratamiento previo al muestreo y clase de depósito muestreado].

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

- 26 -

DEPENDENCIA \_\_\_\_\_

CENTRO SAHOP \_\_\_\_\_  UNIDAD DE LABORATORIOS  
RESIDENCIA \_\_\_\_\_

**INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE**

OBRA _____	ENSAYE N° _____
LOCALIZACION _____ <small>(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)</small>	FECHA DE RECIBO _____
	FECHA DE INFORME _____

DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE:      SUB-BASE <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/>
	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL _____
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO _____
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO _____
	UBICACION DEL BANCO _____

P.E. SECO SUELTO kg/m <sup>3</sup>			
P.E.S. MAXIMO kg/m <sup>3</sup>			
HUMEDAD OPTIMA %			
P.E. DEL LUGAR kg/m <sup>3</sup>			
HUMEDAD DEL LUGAR %			

COMPOSICION GRANULOMETRICA		MALLA	% RETENIDO		
		EN 50.0			
		EN 37.5			
			% QUE PASA		
		50.0			
		37.5			
		25.0			
		19.0			
		9.5			
		4.75			
		2.00			
		0.85			
		0.425			
		0.250			
		0.150			
	0.075				

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA

V.R.S. (ESTANDAR) %	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Núm. 9.5
EXPANSION %	ABSORCION %
VALOR CEMENTANTE kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD
EQUIVALENTE DE ARENA %	DURABILIDAD

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm. 0.425	
LIMITE LIQUIDO %	EQUIV. HUIA. DE CAMPO %
LIMITE PLASTICO %	CONTRACCION LINEAL %
INDICE PLASTICO %	CLASIFICACION SOP

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
------------------	-------------------------	---------

FORMA 11-01-BC42 T. G. N.



## ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.

Estabilización de suelos. Bajo el nombre de estabilización de suelos, se agrupan todas aquellas técnicas que tienen como finalidad mejorar las propiedades físicas de los suelos naturales. Estos procedimientos son de particular interés en la construcción de sub-bases y bases para pavimentos.

La estabilización de un suelo se lleva a cabo cuando los materiales disponibles en la región no satisfacen las especificaciones necesarias para el uso a que se destinan.

Enseguida se explican los 4 métodos principales usados en nuestro país para la estabilización de bases de pavimento y que son los siguientes:

- I. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.
  
- II. ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS.
  
- III. ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO PORTLAND.
  
- IV. ESTABILIZACIÓN CON CAL HIDRATADA.

### ESTABILIZACIÓN MECÁNICA

La estabilización mecánica es propiamente la modificación de la granulometría del suelo por estabilizar, mezclándolo mecánicamente con otro u otros suelos de diferente granulometría, para obtener un material que compactado, cumpla determinadas características en cuanto a resistencia, compresibilidad, adherencia entre sus partículas, permeabilidad y capilaridad, por ejemplo: cuando se emplean suelos granulares que carecen de finos, en la construcción de bases de caminos vecinales, que se mantienen temporal o permanente sin recubrimiento superficial, es deseable la adición de pequeñas cantidades de finos, especialmente limos o arcillas de baja plasticidad que funcionaran como aglutinante de las partículas gruesas y evitaran la desintegración de la base por el tránsito de los vehículos.

Además, actúan como reguladores del contenido de humedad de la base, ya que durante la estación seca, permiten por capilaridad la restauración de la humedad que se pierde por evaporación en la superficie y en épocas de lluvias su baja permeabilidad reduce considerablemente la infiltración, de tal manera que si el drenaje transversal es adecuado, se satura solamente una capa superficial delgada. Otras veces, la adición de grava, arena o una mezcla de ambas a un suelo fino, produce un buen material para base, menos susceptible a cambios volumétricos por variación de la humedad, menos comprensible y más resistente que el suelo original.

Las mezclas de suelos deben llenar ciertos requisitos de granulometría y plasticidad para ser aceptables como material de base; asimismo la resistencia y dureza de la fracción gruesa debe ser tal que las partículas no se desintegren bajo la acción de los agentes del intemperismo. No se admiten suelos que contengan material orgánico o bolsas de arcilla.

En cuanto a su granulometría, la S.C.T. ha fijado la siguiente restricción:

$$\frac{-200}{-40} \leq 0.65$$

O sea que la relación entre la fracción de suelo que pasa por la malla número 200 y la que pasa la malla número 40, debe ser menor o cuando mucho igual a 0.65 y respecto a su plasticidad tenemos que para bases, el valor de la contracción lineal debe ser como máximo de 4.5 y el valor cementante de 7.0 como mínimo, cuando las partículas del material son redondeadas.

### ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS

La estabilización de suelos con un producto asfáltico tiene dos finalidades principales:

- 1) En los suelos de plasticidad excesiva, la de impermeabilizar y aglomerar las partículas de arcilla, contrarrestando la actividad de esta en presencia del agua.
- 2) En los suelos no plásticos o arenosos, la de proporcionar la cementación requerida, que asegure la estabilidad permanente del suelo, al evitar deformaciones por desplazamiento de sus partículas bajo la acción de las cargas.

Algunos materiales presentan cierta dificultad para la incorporación del asfalto y puede facilitarse esta operación si previamente se adiciona agua hasta que alcance el material cierto grado de humedad. El agua adicionada, más la correspondiente a la humedad del suelo, más la cantidad adecuada de asfalto, es lo que se llama contenido líquido, el cual debe ser igual a la humedad óptima, para lograr la compactación más eficiente.

Generalmente se estabiliza con productos asfálticos, suelos granulares o suelos finos pero arenosos, ya que es muy costoso estabilizar un suelo arcilloso, el que es preferible hacerlo con cemento hidráulico, por la menor cantidad utilizada.

Antes de proceder a compactar el suelo estabilizado debe airearse para eliminar los solventes o el agua, según se haya utilizado asfalto rebajado o emulsión asfáltica. No es deseable obtener una base con un comportamiento más cercano al de un cuerpo sólido que al de un cuerpo elástico por ser demasiado rígida.

Una vez estabilizada la base, debe protegerse contra la desintegración causada por el tránsito, construyendo de inmediato la carpeta asfáltica, aun cuando ésta conste solamente de un riego con una capa de material pétreo.

Las pruebas de laboratorio para determinar el contenido adecuado de producto asfáltico (emulsión), las da esos valores, cuando ya está todo bien definido la cantidad de material pétreo que se va a regar o extender.

#### ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO PORTLAND

Son muchos los lugares de nuestro país en donde escasean materiales apropiados para la construcción de bases y en donde por razones de economía es aconsejable utilizar los suelos que se encuentran cercanos a la obra, aun cuando estos presenten un bajo valor relativo de soporte o estén excedidos en su plasticidad, siempre y cuando se les adicione una cierta cantidad de cemento hidráulico para corregir estas deficiencias.

Existen 2 tipos de estabilizaciones con cemento: las del tipo flexible y las del tipo rígido.

En las estabilizaciones del tipo flexible, la estabilización del suelo se logra únicamente la cantidad necesaria de cemento para neutralizar la arcilla por reacciones físico – químicas, sin llegar a alcanzar la aglutinación suficiente para producir una masa rígida.

Generalmente es suficiente de un 2% a un 6% del peso del suelo seco, para neutralizar los silicatos de sodio y potasio presentes en la arcilla, transformándolos en silicatos de calcio, con lo cual se modifica su plasticidad. Por lo regular, cuando el índice plástico es mayor de 8, la estabilización adecuada es con cemento hidráulico, así como también es más adecuado en suelos arcillosos (neutraliza) que en suelos arenosos, para los que es mejor usar un producto asfáltico.

Es necesario adicionar al suelo la cantidad correcta de cemento determinada con pruebas de laboratorio; agregar la cantidad correcta de agua no solamente para compactar la capa que se estabiliza, sino para que se efectúe las reacciones químicas del cemento y compactar a un peso volumétrico máximo antes de que el cemento empiece a fraguar.

Generalmente se efectúan las operaciones siguientes:

- 1) Escarificación y disgregación del suelo por estabilizar, por medio de arados de discos accionados con tractores agrícolas.
- 2) Adición del cemento en forma uniforme, por medio de mezcladoras giratorias, arados de discos, etc.
- 3) Adición e incorporación a la mezcla, del agua necesaria para compactar, por medio de un equipo a presión.
- 4) Compactación de la mezcla suelo – cemento, primero con pata de cabra y después con rodillos lisos neumáticos, afinando con una motoconformadora.
- 5) Curado de la capa estabilizada para impedir la pérdida de humedad.

#### ESTABILIZACIÓN CON CAL HIDRATADA

Mediante el empleo de pequeñas cantidades de cal, se logra neutralizar la actividad de la arcilla por acciones físico – químicas, obteniéndose un descenso en el índice plástico y un aumento en la resistencia del suelo tratado.

De acuerdo con la calidad del suelo, las cantidades de cal para estabilizar un material granular, con un contenido de 50% de finos como máximo (grava con arcilla), varía entre el 2% y el 5% en el peso de suelo seco.

Las operaciones para estabilizar una base ya existente son las siguientes:

- 1) Escarificación por medio de una motoconformadora del espesor de la base que se desea estabilizar.
- 2) Pulverización del suelo por medio de arado de discos o pulverizador rotatorio.
- 3) Esparcimiento de la cal, ya sea que se use en sacos o a granel, aun cuando se sacrifique exactitud en este último caso.
- 4) Remoción de la mezcla con la motoconformadora cuantas veces sea necesario, para lograr una mezcla íntima y uniforme.
- 5) Adición del agua, por medio de un equipo a presión y distribución uniforme de la humedad hasta lograr la óptima de compactación.
- 6) Tendido y compactación de la mezcla según el tipo de suelo, haciéndolo inicialmente con rodillo neumático o pata de cabra, según sea granular o arcilloso y finalmente con llantas neumáticas lastradas o rodillos lisos preferiblemente del tipo tándem.
- 7) Curado de la base, aplicando riegos de agua para evitar la evaporación y evitando el tránsito por ese tramo.
- 8) Construcción de la carpeta, después de unos 5 días.

### **PRUEBAS EN SUELOS GRANULARES BIEN GRADUADOS CON EXCESO DE PLASTICIDAD.**

El objeto de la prueba es determinar la cantidad de producto asfáltico, necesaria para neutralizar la actividad de la arcilla en un suelo granular de buena graduación, que satisfice todos los requisitos que se exigen a los materiales empleados en base de pavimentación, excepto el de plasticidad de la fracción que pasa la malla número 40.

El equipo de prueba es el mismo que se ha utilizado en las pruebas anteriores; además del necesario para verificar la prueba estándar de valor relativo de soporte y la prueba de valor cementante.

El procedimiento de la prueba es el siguiente:

- a) Para la preparación de la muestra se toma una porción de la representativa del material, la cual se obtiene por cuarteo, se seca al sol, se disgrega y se tamiza por la malla número 4, determinando el peso de las fracciones tanto de la que pasa tanto de la que se retiene en dicha malla. El material que paso la malla número 4 se tamiza por la malla número 10 y el retenido se disgrega y se incorpora al resto de la muestra, manipulando el material hasta lograr su uniformidad. Se toma por cuarteo la cantidad necesaria de muestra para determinar el valor cementante y la humedad óptima de compactación; el resto del material que paso la malla número 4, se tamiza por la malla número 40 para separarlo en dos porciones las cuales se pesan para calcular el porcentaje que representa cada una de ellas considerando su suma como el 100% (total). Se forman 6 muestras con un peso de 5kg. cada uno tomando material en la proporción correspondiente, de las fracciones que pasaron y se retuvieron en la malla número 40. Proporcionando las mezclas en esta forma, se asegura una composición granulométrica mas uniforme. Cinco de estas muestras se utilizan para hacer mezclas con las cantidades de 3, 4, 5, 6 y 7% en peso de producto asfáltico (emulsión), el cual puede ser emulsión o asfalto rebajado, preferentemente de fraguado medio. La sexta muestra se utilizará, sin que se le haya incorporado asfalto, como testigo en la prueba estándar de valor relativo de soporte.

- b) Al elaborar las mezclas y previamente a la incorporación del asfalto, puede ser conveniente adicionar a la muestra de material pétreo, la cantidad mínima de agua que facilite la distribución de aquel, la cual puede ser igual a la tercera parte de la correspondiente a la humedad óptima. Cuando se utilice asfalto rebajado, debe calentarse a la temperatura de aplicación recomendada y también es conveniente tener el material pétreo, a una temperatura de 40<sup>0</sup>c, para facilitar la distribución del producto. Se manipula con la cuchara de albañil presionando los grumos, hasta que la mezcla adquiera un color uniforme.
- c) Para el curado de las mezclas elaboradas con emulsión asfáltica, una vez incorporada y distribuida uniformemente la emulsión, es continuara la manipulación de la mezcla hasta que rompa la emulsión, lo cual sucede cuando adquiere un color negro.
- d) Para el curado de las mezclas elaboradas con asfalto rebajado, una vez lograda la distribución uniforme del producto asfáltico, se dejarán las muestras en reposo en la charola durante 24hrs, a la temperatura ambiente del laboratorio, para facilitar la absorción del producto asfáltico. Transcurrida las 24hrs se procede a la eliminación de los solventes, removiendo continuamente la mezcla en un sitio donde haya corrientes de aire pudiendo además calentarse la mezcla, ya sea en horno o en parilla eléctrica, cuidando que la temperatura no exceda a los 60<sup>0</sup>c; debiendo continuarse esta operación hasta que solo sea ligeramente perceptible con el olfato, la presencia de solventes.
- e) A las mezclas ya curadas, así como a la muestra sin asfalto que servirá de testigo, debe incorporárselas el agua necesaria para su compactación; para ello se calcula el peso húmedo que deben alcanzar, aplicando la siguiente formula:

$$Ph = ps \left( 1 + \frac{Wo}{100} \right)$$

Siendo:

Ph = peso húmedo del material en gramos.

Ps = peso seco y sin asfalto del material, igual a 5000gr.

Wo = humedad óptima de compactación determinada de acuerdo con la prueba proctor.

Se agrega agua hasta alcanzar el ph, manipulando hasta lograr que se distribuya uniformemente, compactando después los especímenes en la misma forma que se hace al efectuar la prueba estándar de valor relativo de soporte.

- f) Para probar los especímenes, deben mantenerse sumergidos en agua durante 3 días en un tanque de saturación, transcurrido los cuales debe procederse a determinar su valor relativo de soporte por medio de la prueba indicada.
  
- g) Para el cálculo del contenido adecuado de producto asfáltico, se hacen las siguientes consideraciones: el contenido más bajo de producto asfáltico con el que se alcance un valor relativo de soporte de 30 para materiales de sub-base o de 50 para materiales de base de pavimentación, será el que se considere para el cálculo del contenido adecuado de producto asfáltico ( $C_A$ ) en el material por estabilizar; este valor se determina, multiplicando el porcentaje de producto asfáltico ( $C_F$ ), seleccionado para el material que pasa la malla número 4, por el porcentaje (B) que dicho material representa en la muestra total i dividiendo entre 100 el producto obtenido, siendo conveniente que el porcentaje así calculado se aumenta a un 0.5% para hacer una compensación por la cantidad que se adhiere al material retenido en la malla número 4, quedando la formula como sigue:

$$C_A = \frac{C_F \times B}{100} + 0.5$$

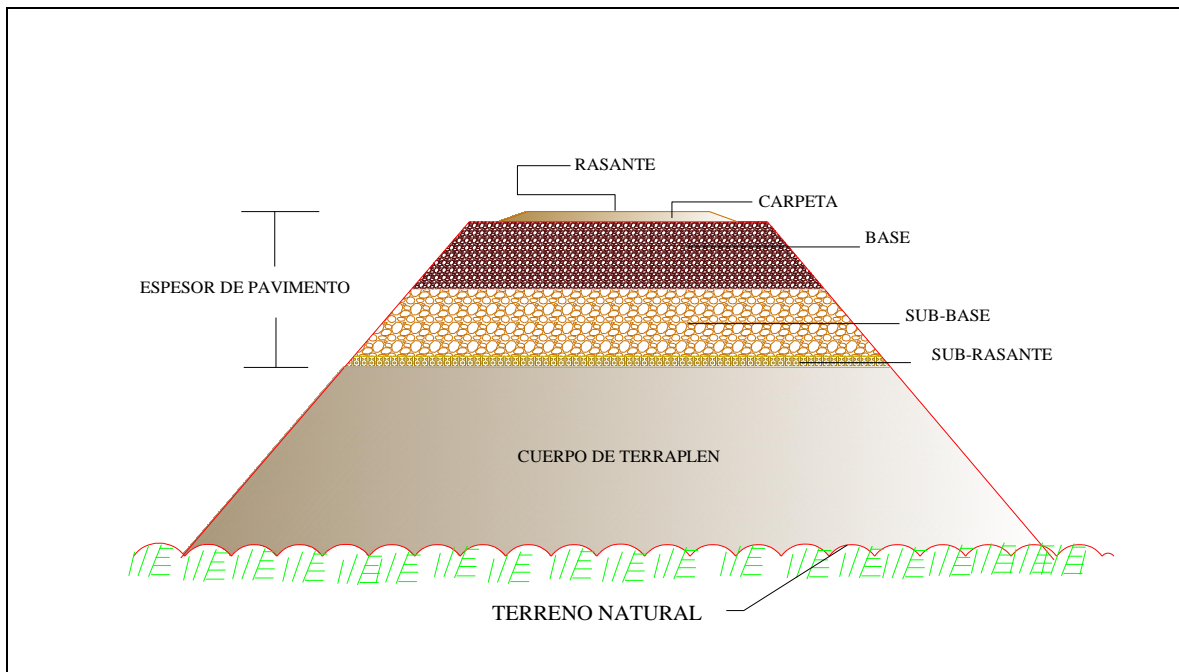


- h) Para efectuar las pruebas en el material original se forma una muestra se forma una muestra que tenga la misma composición granulométrica, combinando la fracción retenida en la malla número 4, con la que pasa dicha malla y se retiene en la número 40 y con la que pasa la malla número 40 y una vez conseguida la homogeneidad de esta muestra, se criba por la malla de 1", eliminando el retenido y tomando por cuarteo una cantidad de 5kg. del material que pasó la malla. Se adiciona a la muestra la cantidad correspondiente de producto asfáltico, calculada con el dato del contenido adecuado de producto ( $C_A$ ), manipulando hasta lograr su distribución uniforme y cuando está la mezcla en forma semejante a la indicada, se toma por cuarteo la cantidad suficiente de muestra del material ya curado para determinar su valor relativo de soporte y otra porción de la mezcla se utiliza para la determinación del valor cementante. Los resultados obtenidos deben satisfacer las especificaciones necesarias para que el material estabilizado pueda ser empleado en la construcción de una base de pavimento.

### PROYECTO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO.

El diseño de un pavimento consiste fundamentalmente en elegir el espesor de las diversas capas de materiales, que sirven como elemento transmisor de la carga de las ruedas de los vehículos a la sub-rasante, dicho elemento transmisor está constituido generalmente, en los pavimentos flexibles por las capas (sub-rasante, sub-base, base).

A continuación un dibujo 3.1 de las capas. Para visualizar mejor la idea



Dibujó 3.1 Capas.

La selección adecuada de los espesores de cada una de estas capas, de acuerdo con la calidad y abundancia o escasez de los materiales disponibles y con la magnitud y frecuencia de las cargas que ha de soportar el pavimento, es la meta final del diseño.

Existen diversos métodos para calcular el espesor de un pavimento, fundándose unos en consideraciones puramente teóricas, otros son en partes teóricos y en parte empíricos, y algunos son totalmente empíricos. De ellos se explicaran los más usados.

Las cargas de las ruedas tienen un efecto distinto sobre el terreno de apoyo del pavimento, según la manera en que actúen, y cuanto mayor es el número de aplicaciones en un punto determinado del mismo, más se acentúa el peligro de destrucción.

Por ello, es un factor muy importante en tener en cuenta la intensidad del tránsito, además de la magnitud de las cargas. Cada método tiene su manera de estimar el efecto de este factor, el cual es difícil evaluar de una manera exacta.

Otro elemento muy importante es el valor soporte de las terracerías sobre las cuales se va a apoyar el pavimento, el cual es prioritario determinar en las condiciones más desfavorables en que va a trabajar durante el transcurso de su vida.

### **MÉTODO USADO POR LA SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS (S.C.T.).**

Este método está basado en la determinación del valor relativo de soporte ( prueba de california o porter), para el material que forma la sub-rasante, sobre el cual se apoyará el pavimento, y en la intensidad del tránsito de vehículos con capacidad de carga igual o superior a 3 toneladas métricas, considerando en un solo sentido. Una vez obtenidos los valores anteriores, se utiliza la gráfica de la figura adjunta, la cual nos da el espesor mínimo de la capa sub-base y capa base, considerándose el espesor de la carpeta como un factor de seguridad. Estas curvas están diseñadas para incrementar paulatinamente el V.R.S. (valor relativo de soporte); de la sub-base, en relación con el V.R.S. de la sub-rasante, y el V.R.S. de la base, en relación con el de la sub-base, debiendo tener como mínimo los valores que se indican en la misma figura, según la capa de que se trate. El espesor está gobernado por el valor soporte de la terracería, pues no decrece el espesor del pavimento si la sub-base se construye con un material de alto V.R.S; siendo malo el valor soporte de la sub-rasante.

Los espesores mínimos de sub-base que se proyectan en la S.C.T. son de 12cm. Para las curvas I y II, y de 10cm. Para las curvas III y IV, siendo por lo tanto de 27 y 22cm. respectivamente, los mínimos espesores de la sub-base mas base usados por la citada dependencia. Generalmente el criterio que se sigue es el de poner el espesor mínimo de base, y la diferencia del espesor obtenido en la gráfica, como capa de sub-base, siempre y cuando resulte igual o mayor al mínimo indicado, ajustándolo a dicho valor en caso de resultar menor.

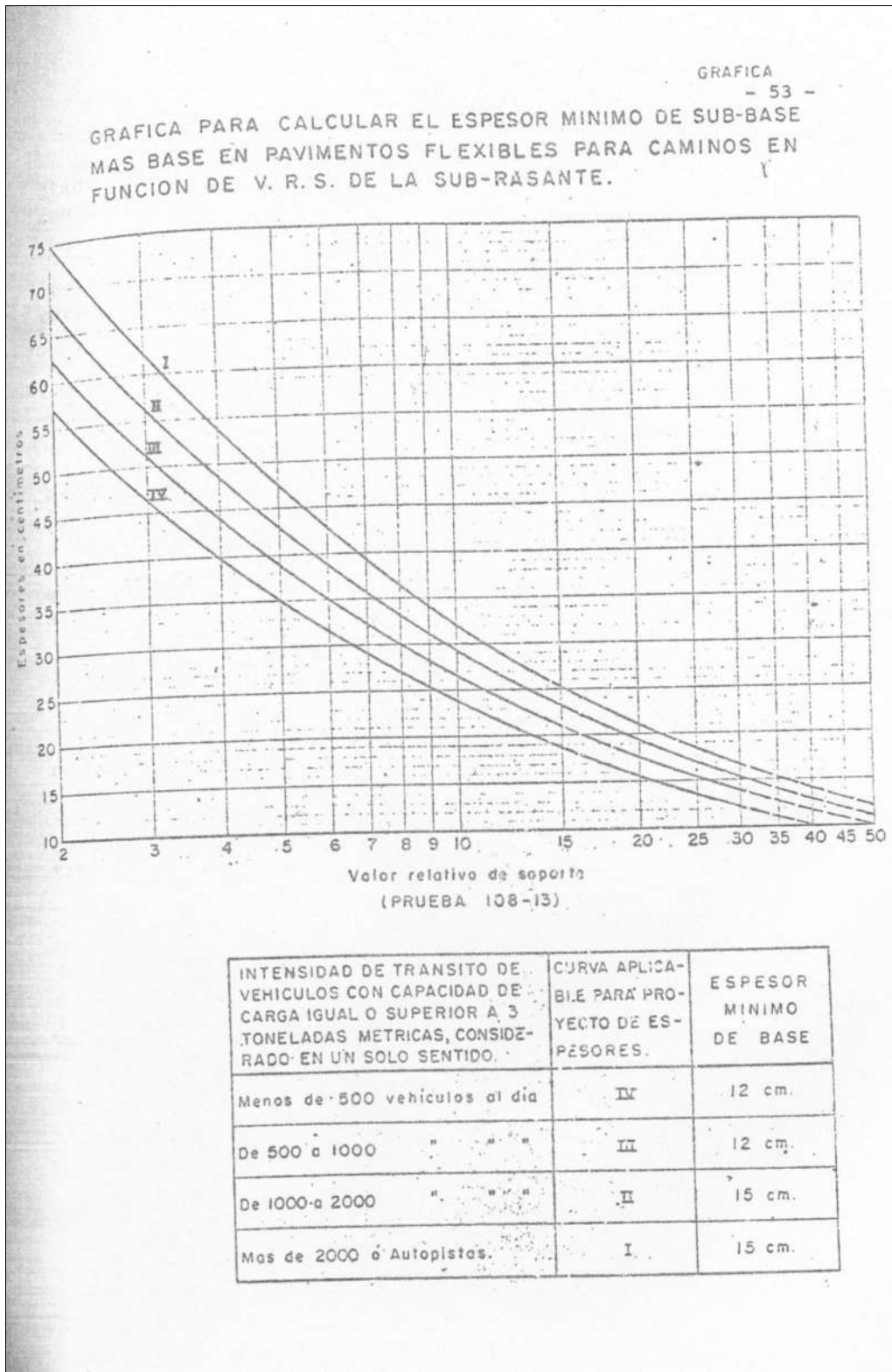
**PRUEBA PARA DETERMINAR EL VALOR RELATIVO DE SOPORTE (PRUEBA DE CALIFORNIA O PORTER).**

El objeto de esta prueba es determinar la calidad de suelo en cuanto a valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado periodo de saturación.

Esta prueba de valor relativo de soporte (V.R.S). es muy importante, para muchos; caminos (su construcción); aunque muchos ingenieros, se van a otras formas para medir espesores y lo ya mencionado.

Formas de mecánica de suelos, eso se debe a veces a la infraestructura de la obra, al tipo de proyecto, camino, etc. Pero cabe señalar que esta prueba aunque no es moderna, como las que se realizan actualmente, a un son utilizadas en estudios de suelos. (es superficial, no afondo prueba para determinar el V.R.S).

A continuación una gráfica para el cálculo de espesor de capa SUB-BASE Y BASE (V.R.S).



# **CAPÍTULO IV**

---

## **CARPETAS ASFÁLTICAS.**

### CARPETAS ASFÁLTICAS.

La carpeta asfáltica es la parte superior de la estructura del camino que sirve de superficie de rodamiento a los vehículos y que transmite a las capas inferiores del pavimento las cargas impuestas por aquellos.

Cabe mencionar que en el capítulo II en el tema de definición de otros términos, se dio una definición de carpeta asfáltica, porque observe que era apropiado hablar en ese capítulo citado, por el tema de los riegos (emulsiones). En este caso riego de sello (gravilla). Y creo, yo. que mencionar dos definiciones no altera este capítulo IV; al contrario nos da otra idea con diferentes palabras.

Entre las principales características que debe reunir una carpeta asfáltica, tenemos las siguientes:

- 1) Debe tener la resistencia necesaria para que las cargas que se le apliquen, no provoquen deformaciones perjudiciales en la misma.
- 2) No debe desintegrarse por efecto del tránsito.
- 3) Debe ser prácticamente impermeable y presentar una superficie uniforme de textura ligeramente áspera, que la haga antiderrapante.
- 4) Debe tener la suficiente flexibilidad para no sufrir agrietamientos por las deformaciones normales de la base de pavimentación.
- 5) Debe tener una superficie que estando seca refleje los rayos luminosos, facilitando la conducción de vehículos durante la noche.



Las carpetas asfálticas están constituidas por dos elementos: material pétreo y aglutinante asfáltico.

El primero de ellos es responsable de la estabilidad de la carpeta y de su capacidad para soportar las cargas impuestas por el tránsito principalmente.

El segundo, el aglutinante asfáltico, sirve únicamente como material cementante para mantener unida las partículas de material pétreo, impidiendo la desintegración de la carpeta. Únicamente cuando el material asfáltico se encuentra en exceso puede provocar la falta de estabilidad de la carpeta, debido al efecto lubricante de la película de espesor considerable que envuelve a las partículas del material pétreo.

**A continuación unas fotos de la 4.1 a la 4.4 de CARPETAS ASFÁLTICAS.**



Foto 4.1 Carpeta asfáltica.



Foto 4.2 Carpeta asfáltica.





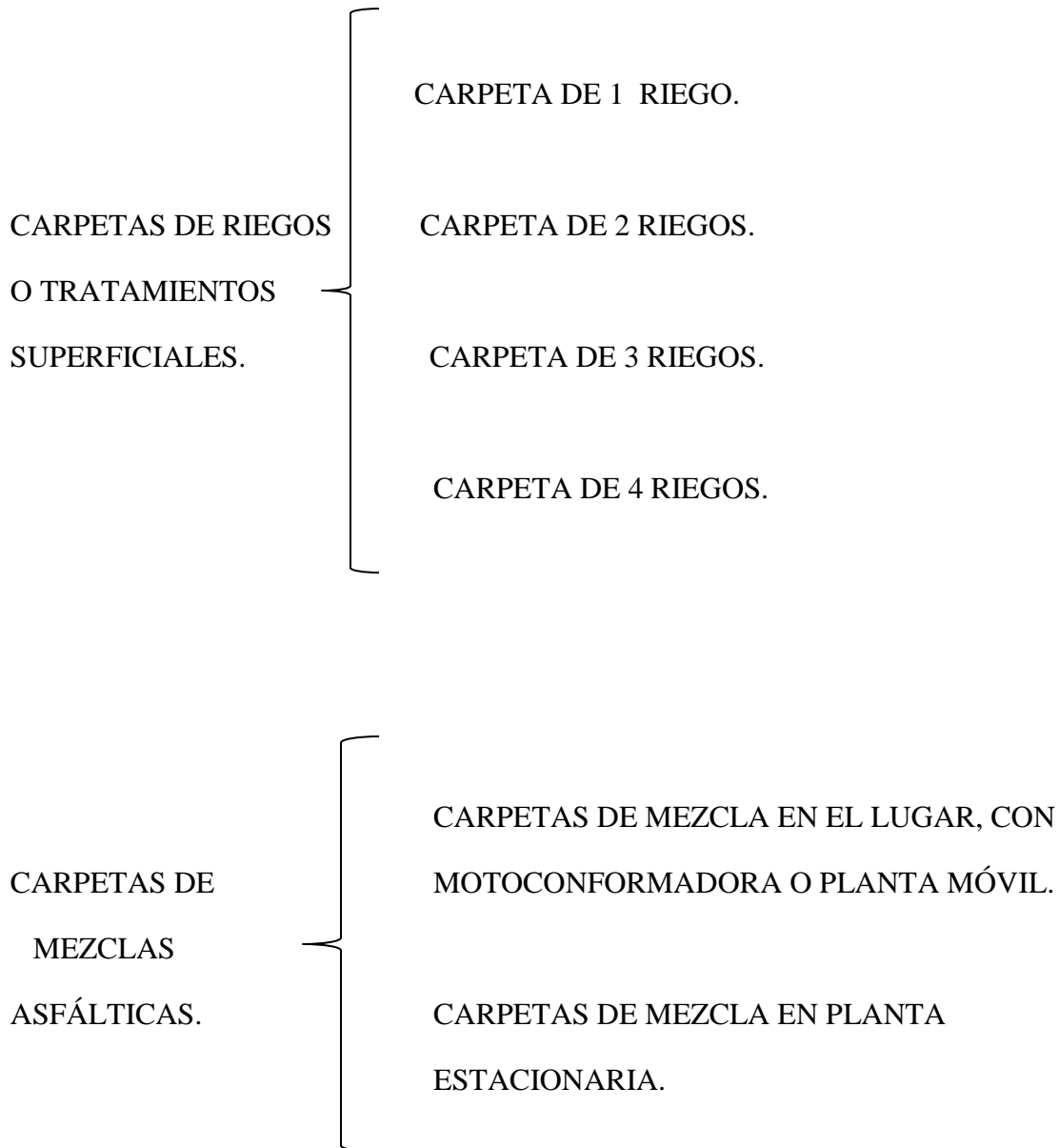
Foto 4.3 Carpeta asfáltica.



Foto 4.4 Carpeta asfáltica.

**GRUPOS QUE DIVIDEN UNA CARPETA ASFÁLTICA.**

Se puede considerar a las carpetas, divididas en 2 grandes grupos:



Las carpetas de riegos, también llamadas de tratamientos superficiales, se construyen colocando un material pétreo clasificado, sobre la base impregnada a la que se le ha dado previamente la aplicación de un producto asfáltico (generalmente asfalto rebajado de fraguado rápido número 3 o 4). Esta capa de material pétreo se compacta con aplanadora de rodillo liso, buscando una trabazón mecánica que impida la desintegración de la carpeta, ayudada por la acción cementante del asfalto.

Cuando la carpeta se construye por el sistema de dos o más riegos, sobre el material pétreo que constituye la primera capa, se aplica un riego asfáltico que es cubierto por material pétreo clasificado de menor tamaño, el cual se acuña entre los huecos que quedaron, y que posteriormente es compactado con aplanadora de rodillo liso. En forma semejante se construyen los siguientes riegos.

**El tamaño del material pétreo que se utiliza en las carpetas de tratamientos superficiales, se da en la tabla 4.1 siguiente:**

DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.	PASA LA MALLA DE:	SE RETIENE EN LA MALLA DE:
No. 0	38.1mm (1 1/2")	25.4mm (1")
No. 1	25.4mm (1")	12.7mm (1/2")
No. 2	12.7mm (1/2")	6.3mm (1/4")
No. 3 A	9.5mm (3/8")	Número 8
No. 3 B	6.3mm (1/4")	Número 8
TIPO DE CARPETA	MATERIAL PÉTREO UTILIZADO.	
De 4 riegos	No. 0, No. 1, No. 2, y No. 3B	
De 3 riegos	No. 1, No. 2, y No. 3B.	
De 2 riegos	No. 2 y No. 3B.	
De 1 riego		
(Base con textura cerrada)	No. 3B.	
(Base con textura abierta)	No. 3A.	

Tabla 4.1 Material pétreo. Tratamiento superficial.



**COMPUESTOS DE UNA CARPETA ASFÁLTICA.**

Los compuestos de una carpeta asfáltica son los que está compuesta de:

- Material asfáltico. Puede ser cemento asfáltico. [AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-2, AC-30 Y AC-40].

AC-5 NORMALMENTE SON EMULSIONES.

- Emulsión asfáltica. Aniónicas (-), Cationicas (+) y de rompimiento rápido, medio y lento.
- Agregados pétreos.

Anteriormente los cementos asfálticos se clasificaban por su dureza en:

- AC-0 Para climas fríos.
- AC-6 Para climas templados.
- AC-10 Para climas cálidos.

### SELECCIÓN DE TIPO DE CARPETA.

Para la selección del tipo de carpeta por construir debe tenerse en cuenta que, además de la dosificación más exacta al utilizar cemento asfáltico, al extender la mezcla, ésta fragua rápidamente en forma homogénea, lo que es especialmente importante cuando se tienen espesores de carpeta de 5cms. o más.

Cuando la mezcla es con producto asfáltico, las partes inferiores de las capas gruesas tienden a no fraguar debidamente a causa de que estando las capas superiores más expuestas a las condiciones ambientes atmosféricas, van fraguando primero, atrapando al fluxante o agua, según el caso, del producto asfáltico de las capas inferiores; este efecto se acentúa en las carpetas del espesor grande que se construye por capas.

Para disminuir al mínimo los fluxantes o agua atrapada es necesario una espera de 12 a 24 horas, antes de construir la siguiente capa, utilizando siempre productos asfálticos de fraguado rápido. Sin embargo siempre habrá una pequeña cantidad atrapada, lo cual hace que las partes inferiores de las capas gruesas no tengan perfecta o suficiente estabilidad, dado que no están bien cementadas.

Realizadas en planta o en caliente con tránsito de hasta 2000 vehículos (AC-2, material pétreo y temperatura de 140<sup>0</sup> a 160<sup>0</sup> c).

Carpetas de riegos (emulsión y material pétreo).

Carpetas asfálticas en frío o en el lugar.

Revestimiento. Se puede circular todo el año (espesor de 15cm), con material seleccionado (en desiertos arenas con emulsión asfáltica en una cantidad de 6lts/m<sup>3</sup> de pétreo; después de compactado se debe efectuar un poreo para tapar oquedades) (en la costa arena con 100lts/m<sup>3</sup> y sin poreo, para un régimen pluvial alto se recomienda estabilizar con cemento la terracería y colocar fragmentos de roca chica).

El tipo de espesor de una carpeta asfáltica se elige de acuerdo con el tránsito que va a circular por ese camino, tomando en cuenta la siguiente tabla 4.2 es el siguiente criterio.

INTENSIDAD DEL TRÁNSITO PESADO EN UN SOLO SENTIDO.	TIPO DE CARPETA.
MAYOR DE 2000 VEHÍCULOS/DÍA	MEZCLA EN PLANTA DE 7.5CM DE ESPESOR MÍNIMO
1000 A 2000	MEZCLA EN PLANTA CON UN ESPESOR MÍNIMO DE 5CM
500 A 1000	MEZCLA EN EL LUGAR O PLANTA DE 5CM COMO MÍNIMO.
MENOS DE 500	TRATAMIENTOS SUPERFICIAL SIMPLE O MÚLTIPLE.

Tabla 4.2 Espesor de una carpeta asfáltica.

### MATERIALES PÉTREOS.

Como se dijo antes, el material pétreo es el factor principal en la estabilidad de la carpeta y para que pueda llenar esta función es preciso que tenga la calidad necesaria y que la graduación de sus partículas sea la adecuada, ya sea que se trate de carpetas de mezcla asfáltica o de carpetas de riegos.

Para construir las carpetas de rodamiento se deben escoger materiales pétreos que no hayan sido alterados excesivamente por los agentes del intemperismo mecánicos o químicos. Las variaciones de temperaturas 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 por resultado materiales demasiado suaves que no resisten los esfuerzos provocados por las cargas de los vehículos o bien materiales de características desfavorables en cuanto a su adherencia con el asfalto.

### CLASIFICACIONES.

En la construcción de carpetas asfálticas se utilizan materiales pétreos que se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- A. Materiales granulares naturales que no requieren ninguna preparación previa de trituración o cribado, tales como las arenas o granitos desintegrados utilizados en la construcción de mezclas asfálticas.

- B. Materiales granulares naturales que requieren un cribado o una trituración parcial para eliminar las partículas de tamaño mayor que el especificado, tales como las gravas y arenas del río, que se utilizan 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 mezcla asfáltica o en tratamientos superficiales.
  
- D. Los materiales de los grupos anteriores que requieran un tratamiento de lavado.
  
- E. Escorias de fundición, que deberán triturarse y cribarse para obtener materiales de diversos tamaños, que se utilizaran en la construcción de carpetas de mezcla asfáltica o en tratamientos superficiales.

La abundancia o escasez de los materiales antes mencionados en la región donde va a construirse el camino, el estudio comparativo de sus costos de extracción, preparación y acarreo, al análisis de las características físicas o físico – químicas de cada uno de ellos para definir sus respectivas calidades. Son factores que deberán tomarse en cuenta cuidadosamente antes de definir el tipo de carpeta, ya que tienen gran influencia en los costos de construcción y conservación del camino.

Los materiales pétreos triturados, aun cuando lo sean parcialmente, dan carpetas con mayor estabilidad que la que se obtiene con materiales redondeados, debido a la angulosidad de sus partículas que proporciona un mejor acuñaamiento entre ellas.

Aún en las carpetas de riegos se requiere una cierta granulometría del material pétreo, para lograr el mejor acuñaamiento y en las carpetas de mezcla asfáltica la granulometría es uno de los factores principales que van a proporcionarle sus características de estabilidad, textura e impermeabilidad.

Cuando al ser triturado el material pétreo, la granulometría del producto de la trituración no es satisfactoria (generalmente hay escasez de finos), es necesario agregar un material que corrija los defectos de la curva granulométrica.

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 la deficiencia de partículas de los tamaños menores. La mezcla resultante debe satisfacer los requisitos de granulometría que fijen las especificaciones respectivas.

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 esta. En general podemos decir que para las carpetas construidas normalmente, el tamaño máximo del agregado deba variar entre 12.7mm (1/2") y 19mm (3/4").

La graduación fijada para el material pétreo con tamaño máximo de 25.4mm (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 (gravilla) posteriores.

Para asegurar la buena calidad de los materiales pétreos, la S.C.T. ha fijado las normas de calidad que se indican enseguida, basadas en pruebas físicas a las que también se hará referencia.

### GRANULOMETRÍA: TABLA 4.3

#### MATERIALES CLASIFICADOS PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES O RIEGO DE SELLO (GRAVILLA).

DENOMINACION	% QUE PASA LA MALLA								
	31.8	25.4	19.1	12.7	9.52	6.35	No.	No.	No.
	(1 1/4")	(1")	(3/4")	(1/2")	(3/8")	(1/4")	4	8	40
1	100	95+		5-		0			
2			100	95+		5-			
3A				100	95+		15-40	10-	2-
3B					100	95+	50-80	10-	2-

Tabla 4.3 Granulometría.

El material No. 0 debe pasar 100% por la malla de 2" y 95 (mínimo) por la de 1 1/2".

Para asegurar la correcta adherencia del material pétreo con el aglutinante asfáltico, es preciso que las partículas de material pétreo se encuentren desprovistas de polvo.

#### MATERIALES GRADUADOS PARA CARPETAS DE MEZCLA ASFÁLTICA.

El material deberá quedar comprendido entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3, debiendo efectuar la curva una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, por lo menos en 2/3 partes de su longitud, sin presentar cambios bruscos de pendiente. El tamaño máximo del agregado deberá ser menor de 2/3 del espesor de la carpeta ya compacta.



A continuación una gráfica de mezcla asfáltica y materiales pétreos.

FORMA 13-05-C07

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS Y CONTROL DE CALIDAD  
DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS DE CAMPO

- 102 -

**INFORME DE ENSAYE DE MEZCLAS ASFALTICAS**

MATERIAL _____	EXPEDIENTE _____
ENSAYE N° _____	MUESTRA N° _____
ENVIADA POR _____	FECHA DE RECIBO _____
PROCEDENCIA _____	FECHA DE INFORME _____

**PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO**

<p>CLASIFICACION PETROGRAFICA _____</p> <p>PESO VOL. SUELTO _____</p> <p>% QUE PASA MALLA _____</p> <p>1" _____</p> <p>3/4" _____</p> <p>1/2" _____</p> <p>3/8" _____</p> <p>1/4" _____</p> <p>N° 4 _____</p> <p>" 10 _____</p> <p>" 20 _____</p> <p>" 40 _____</p> <p>" 60 _____</p> <p>" 100 _____</p> <p>" 200 _____</p> <p>DENSIDAD _____</p> <p>ABSORCION _____</p> <p>% DESGASTE _____</p> <p>% MAT. SUAVE _____</p>	<p><b>GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA</b></p>
--	---

**PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA**

Tipo _____ Viscosidad _____ Cont. de asfalto _____ Penetración _____	Cont. opt. de asfalto (%) _____ (*) Peso vol. máx. en mezcla compacto (Kg/m³) _____ Adherencia _____	Grado de compactación en carpeta % _____ Cont. asfalto en mezcla _____ (*) Permeabilidad de la carpeta _____
---	--	--

(\*) NOTA : EL CONTENIDO DE ASFALTO SE REFIERE AL RESIDUO ASFALTICO DEL PRODUCTO UTILIZADO, EXPRESADO COMO % EN PESO DEL MATERIAL PETREO.

**RECOMENDACIONES**

EL LABORATORISTA _____	EL JEFE DE LABORATORIO DE CAMPO DE: _____ _____	EL JEFE REGIONAL DE LABORATORIOS DE: _____
---------------------------	---	---

T.G.N.

## **ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS DE ABSORCIÓN Y DENSIDAD.**

### **PRUEBAS DE ABSORCIÓN Y DENSIDAD.**

Los valores de estas 2 pruebas están íntimamente ligados y dan un buen indicio de la calidad del material. Aun cuando no existen valores límites fijados en las especificaciones, debe procurarse siempre elegir los materiales que presentan mayor densidad y menor absorción, que por lo general son los que presentan un menor grado de alteración y consecuentemente una mayor resistencia estructural.

Los materiales pétreos cuya absorción es alta, requieren el empleo de una mayor cantidad de asfalto en comparación con los de la baja absorción, si se presenta un aumento de la absorción del agregado pétreo durante la construcción de la carpeta, se corre el riesgo de que la cantidad de asfalto empleado no sea suficiente para cubrir las partículas con una película del espesor necesario, debido a la mayor cantidad de huecos por llenar, lo que provoca una disminución en la vida útil de la carpeta.

Cuando se presenta este caso en una mezcla asfáltica elaborada en el lugar, es conveniente aumentar la cantidad de producto asfáltico y modificar el tiempo de curado de la mezcla.

### **LÍMITES DE ATTERBERG Y PRUEBAS COMPLEMENTARIAS.**

Estas pruebas se aplican a materiales pétreos para carpetas, con objeto de conocer el grado de plasticidad de los finos, que sería un indicio de la presencia de arcilla.

Esta arcilla puede ser perjudicial, principalmente en mezclas asfálticas, dependiendo de su actividad y de la cantidad y forma en que se presenta en el material.

Cuando se encuentra dispersa en el material o adherida a sus partículas, ocasiona una deficiencia en la adherencia de la película asfáltica y si se encuentra formando grupos aislados, cada uno de estos constituye un punto débil en la carpeta en presencia del agua.

Los materiales pétreos para mezclas asfálticas deberán cumplir con el requisito de plasticidad, medida indirectamente por la contracción lineal que se indica en las normas respectivas.

**ACTUALIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS DE LA S.C.T. SOBRE  
MEZCLAS ASFÁLTICAS. [CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES (N-  
CMT) Y MUESTREO DE MATERIALES PÉTREOS PARA MEZCLAS  
ASFÁLTICAS (M-MMP)].**

NORMAS. Las normas proponen valores específicos para diseño; las características y calidad, de los materiales y de los equipos de instalación permanente, así como las tolerancias en los acabados; los métodos generales de ejecución, medición y base de pago de los diversos conceptos de obra y en general, todos aquellos aspectos que se puedan convertir en especificaciones al incluirse en el proyecto o en los términos de referencia para la ejecución de las obras publicas y de los servicios relacionados con la infraestructura del transporte.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.**

Parte 4 (materiales para pavimentos)

Titulo 04 materiales pétreos para mezclas asfálticas. (N-CMT-4-04-00 HASTA N-CMT-4-011).

Estas normas contienen los requisitos de calidad de los materiales pétreos que se utilicen en la elaboración de mezclas asfálticas.

Como también estas normas así como van evolucionando y se van actualizando, conforme van pasando los años, son buenos.

Estas normas de la S.C.T. para el mejoramiento de la construcción de carreteras, caminos, aeropuertos, puertos, etc. Y también para muchos puntos de la construcción, para pavimentos pétreos para mezclas asfálticas.

Van actualizándose y evolucionando para el mejoramiento del hombre, para aplicarlo en la construcción, es por eso que vamos a hablar de la actualización y evolución de los materiales pétreos para mezclas asfálticas.

Los materiales pétreos que comprenden estas normas son los materiales naturales seleccionados o sujetos a disgregación, cribado, trituración o lavado, que aglutinados con un material asfáltico, se emplean en la elaboración de las mezclas asfálticas para carreteras.

Según el tipo de mezcla en el que se van a utilizar, los materiales pétreos se clasifican como se indica a continuación y se detalla en las clausulas D.A.H. de esta norma.

- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría densa.
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría semi abierta.
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría abierta.
- Materiales pétreos para mortero asfáltico.
- Materiales pétreos para carpeta para el sistema de riegos.
- Materiales pétreos para mezclas asfálticas para guarniciones.

De lo que va del año 2000 a 2011 de. N-CMT-4-04-00, N-CMT-4-04-01, N-CMT-4-04-02, N-CMT-4-04-03, N-CMT-4-04-04, N-CMT-4-04-05, N-CMT-4-04-06, N-CMT-4-04-07, N-CMT-4-04-08, N-CMT-4-04-09, N-CMT-4-04-10, N-CMT-4-04-11.

No se han modificado estas normas siguen la misma línea de actualización y evolución, pero las autoridades de la secretaria, en el ámbito de su competencia, mediante la instrucción correspondiente, pueden establecer como obligatoria la utilización de aquellos criterios, métodos y procedimientos de la normativa S.C.T., que consideren necesarios.

Con el propósito de perfeccionar permanentemente la normativa S.C.T; es necesario que los comentarios, observaciones y propuestas de modificación, se hagan llegar a la comisión de normas, especificaciones y precios unitarios de la secretaria, a través de la dirección general de servicios técnicos o de la coordinación de normas del instituto mexicano del transporte, a fin de que sean analizados, valorados y en su caso, considerado en las nuevas versiones que se realicen.

Parte: 4 MATERIALES PARA PAVIMENTOS.

Título: 04 MATERIALES PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS.

Capítulo: 001 MUESTREO DE MATERIALES PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS (M-MMP).

MANUALES. Los manuales contienen el compendio de los métodos y procedimientos para la realización de todas las actividades relacionadas con la infraestructura del transporte, describe los procedimientos para la obtención de muestras de los materiales pétreos a que se refiere las NORMAS-CMT, materiales pétreos para mezclas asfálticas, a fin de verificar que estos cumplan con los requisitos de calidad descritos en dicha norma.

El muestreo consiste en obtener una porción representativa del volumen de material pétreo en estudio. Se realiza directamente en los bancos de explotación, en almacenes de materiales o durante las maniobras de carga y descarga. El muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

Y el análisis también del muestreo de materiales pétreos para mezclas asfálticas, al igual que las características de los materiales, en sus normas como los manuales de la S.C.T. no se ha modificado, siguen la misma línea de actualización y evolución del 2000 al 2011 y sigue el mismo funcionamiento y procedimiento de reglamento. En caso de perfeccionar los manuales de muestreo de materiales pétreos para mezclas asfálticas de la S.C.T. se prosigue igual que las normas de la S.C.T.

# **CAPÍTULO V**

---

## **PRODUCTOS ASFÁLTICOS.**



## ASFALTOS Y PRODUCTOS ASFÁLTICOS.

Hay diversos tipos de productos de diferentes características y cada uno de ellos tiene su campo de acción definido.

El bitumen está constituido por mezclas de hidrocarburos de origen natural o pirogénico o combinaciones de ambos, acompañado frecuentemente por sus derivados no metálicos, los cuales pueden ser gaseosos, líquidos, semi-sólidos o sólidos y que son completamente solubles en bisulfuro de carbono. El asfalto es un material cementante de color café oscuro o negro, de consistencia sólida o semi – sólida, el cual se licua gradualmente al ser calentado y en el que los constituyentes predominantes son bitúmenes, los cuales se presentan sólida en la naturaleza, o son obtenidos al refinar el petróleo o bien combinaciones de los bitúmenes mencionados con los derivados del petróleo.

Nota: en el capítulo II. En el tema de: definiciones de otros términos, también se dio una definición de asfalto. Eso fue; por que observe que era apropiado hablar en ese capítulo mencionado, por el tema de la definición de un pavimento flexible (la capa de rodadura), y claro también por el riego de la emulsión (la mezcla). Y creo yo que mencionar dos definiciones no altera este capítulo V; al contrario nos da otra idea con diferentes palabras.

Y además este tema de asfaltos se está profundizando y el otro es una definición superficial, por lo ya mencionado.

La definición de asfalto agrupa no sólo los productos obtenidos directamente de la naturaleza, sino también de los que se obtienen de la destilación del petróleo de base asfáltica.

La definición de bitúmenes es más amplia y comprende los constituyentes esenciales del cementante, no únicamente de los asfaltos, sino también de los alquitranes, que son sub – productos de la industria del gas o del carbón mineral.

Los asfaltos están constituidos por 3 ingredientes principales: aceites, resinas y asfáltenos. Estos tres constituyentes se disuelven uno en otro. Los asfáltenos son solubles en las resinas y ambos se disuelven en los aceites. De estos, los asfáltenos son los que le proporcionan la dureza y las resinas las propiedades cementantes. Los aceites proporcionan al asfalto la plasticidad y lo hacen trabajable. La proporción en que entre cada uno de los ingredientes fija la resistencia del asfalto.

Cuando predominan los asfáltenos y la proporción de resinas es baja, se tiene un asfalto duro o asfalto sólido (gilsonita).

Si en el asfalto predominan los asfáltenos y las resinas, y el contenido de aceites es bajo, se tienen los cementos asfálticos. Mientras menor sea la proporción de aceite, la dureza del asfalto es mayor, y viceversa.

Una vez en el camino, el asfalto en películas delgadas que cubre el agregado pétreo, es atacado por los agentes del intemperismo, principalmente la luz solar, los cambios de temperatura y el agua, que provocan cambios internos en la estructura interna del material asfáltico, dando lugar a asfaltos más duros que aumentan la rigidez de la carpeta, al mismo tiempo que van perdiendo sus propiedades cementantes. Esto puede disminuirse considerablemente usando productos que endurezcan muy lentamente y aumentando en un máximo compatible con la estabilidad de la carpeta, el espesor de la película de asfalto, a fin de hacerla más resistente a la acción de los agentes del intemperismo.

En general, puede decirse que los asfaltos cuya penetración es mayor son los más durables, pues los de grado bajo dan carpetas muy rígidas que no se adaptan al carácter flexible de la base.

Cuando el agua penetra al interior de la carpeta, provoca el desprendimiento de la película asfáltica que recubre el material pétreo, cuando no existe buena afinidad entre ambos materiales (caso de los agregados hidrófilos). Al congelarse el agua, ejerce fuertes presiones que destruyen la liga entre las partículas de material pétreo de la carpeta. En ambos casos el resultado final es la desintegración de la carpeta asfáltica, a menos que se tomen medidas oportunamente para contrarrestar dichos efectos perjudiciales. Entre estas medidas, una de las más efectivas es la de construir riegos de sello sobre la carpeta, a fin de impermeabilizarla e impedir la percolación del agua de las lluvias al interior de la carpeta.

Los asfaltos empleados en trabajos de pavimentación en nuestro país, proceden principalmente, casi en forma exclusiva podríamos decir, de la refinación del petróleo crudo.

En la figura 5.1 se indica en forma esquemática la composición de los diferentes tipos de productos asfálticos que se utilizan más comúnmente en la construcción de carpetas flexibles.

Los asfaltos rebajados son los productos asfálticos más comúnmente empleados en nuestro país en trabajos de pavimentación. Los rebajados de fraguado medio se utilizan en riegos de impregnación de la base, en estabilizaciones asfálticas o en carpetas de mezcla en el lugar.

Los rebajados de fraguado rápido se emplean en la construcción de carpetas por el sistema de riegos, en los riegos asfálticos que se dan a las bases ya impregnadas para lograr una liga con la carpeta asfáltica, y en las carpetas de mezcla, ya sea elaborada en el lugar o en planta estacionaria.

ACEITES NO VOLÁTILES	ACEITES POCO VOLÁTILES Y ACEITES NO VOLÁTILES	KEROSINA	GASOLINA	AGUA
ASFALTO DURO	CEMENTO ASFÁLTICO	CEMENTO ASFÁLTICO	CEMENTO ASFÁLTICO	AGENTE EMULSIÓN
CEMENTO	ASFALTO	ASFALTO	ASFALTO	EMULSIÓN
ASFÁLTICO.	RESIDUAL	REBAJADO	REBAJADO	ASFÁLTICA.
	DE FRAGUADO	DE	DE	
	LENTO.	FRAGUADO	FRAGUADO	
		MEDIO.	RÁPIDO.	

Fig. 5.1 Composición de los diferentes tipos de productos asfálticos.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento son poco empleados en nuestro país, por lo general, y se les ha utilizado en estabilizaciones de suelos finos y en la construcción de carpetas de mezcla en el lugar así como en riegos de impregnación de bases de textura muy cerrada.

Los rebajados se designan por las literales FR, FM, y FL, ya sea que se trate de rebajados de fraguado rápido, fraguado medio, fraguado lento.

Seguidos de un número que indica la proporción de residuo asfáltico en el producto, según se indica en la tabla 5.2 siguiente:

RESIDUO DE LA DESTILACIÓN A 360°C.	FR-0 FM-0	FR-1 FM-1	FR-2 FM-2	FR-3 FM-3	FR-4 FM-4
% EN VOLUMEN	50% MIN.	60% MIN.	67% MIN.	73% MIN.	78% MIN.
DESTILADO TOTAL. A 360°C.	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
% EN VOLUMEN.	15-40	10-30	5-25	2-15	10 MAX.

Tabla 5.2 Residuo asfáltico.

La viscosidad del producto es mayor a medida que aumenta la proporción de residuo asfáltico, y debe conservarse dentro de los mismos límites para todos los productos del mismo número, ya sean de fraguado rápido, medio o lento. Tabla 5.3

VISCOSIDAD SAYBOLT – FUROL. EN SEGUNDOS.	FR-0 FM-0 FL-0	FR-1 FM-1 FL-1	FR-2 FM-2 FL-2	FR-3 FM-3 FL-3	FR-4 FM-4 FL-4
A 25°C	75-150				
A 50°C		75-150			
A 60°C			100-200	250-500	
A 82°C					125-250

Tabla 5.3 Fraguado rápido, medio o lento.

La determinación de la viscosidad se hace a diferentes temperaturas, de acuerdo con el grado del producto según aparece indicado en la tabla 5.4, pero si se efectuara la prueba a la temperatura de 60<sup>0</sup>c. Se tendrían aproximadamente los siguientes datos de esta tabla5.4:

PARA FR-0, FM-0 Y FL-0	15-30 SEG. A 60 <sup>0</sup> C.
PARA FR-1, FM-1 Y FL-1	40-80 SEG. A 60 <sup>0</sup> C.
PARA FR-2, FM-2 Y FL-2	100-200 SEG. A 60 <sup>0</sup> C.
PARA FR-3, FM-3 Y FL-3	250-500 SEG. A 60 <sup>0</sup> C.
PARA FR-4, FM-4 Y FL-4	600-200 SEG. A 60 <sup>0</sup> C.

Tabla 5.4 Determinación de la viscosidad.

Los cementos asfálticos se emplean en la elaboración de mezclas asfálticas en planta estacionaria, siendo necesario efectuar un calentamiento de los materiales pétreo y asfáltico para lograr una distribución uniforme de la película del material aglutinante, debido a su alta viscosidad.

El cemento asfáltico más comúnmente empleado en nuestro país es el número 6, que tiene una penetración de 80 a 100 grados, determinando con la prueba respectiva. También puede emplearse el cemento asfáltico número 3 que es más blando que el anterior, y que tiene una penetración comprendida entre 180 y 200 grados.

## REGIONALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS.

Como ya sabemos el asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido con propiedades aglutinantes y que se licua gradualmente al calentarse, se obtiene de la destilación del petróleo.

En México este tipo de producto se emplea para la construcción de carpetas desde aproximadamente 1920; anteriormente se le clasificaba de acuerdo a su dureza, siendo el cemento asfáltico más usado el que tenía una dureza media (CA-6). Con la entrada de México al T.L.C. se tuvieron que adecuar las normas mexicanas a las de la ACTM y a las especificaciones del sep (programa estratégico de investigación de carreteras) de la ASTM (American Standard Test Materials), de ese tiempo a la fecha, los materiales asfálticos se clasifican de acuerdo a la viscosidad que presentan.

A continuación se anotarán las recomendaciones generales para cada uno de los productos asfálticos con la finalidad de darles un mejor uso. TABLA 5.5 Siguiente:

ASFALTO	REGIÓN RECOMENDADA
AC-5	Sirve para elaborar emulsiones y concretos Asfálticos que se utilicen en la zona de la Sierra madre occidental, en Durango o Chihuahua, y en algunas regiones altas De los estados de México, Morelos y Puebla.
AC-10	Se recomienda para la región central y el Altiplano de la república mexicana.
AC-20	Para el sureste de la república y las Regiones costeras del golfo y el pacífico, Pasando por Sinaloa e inclusive hasta Baja california.
AC-30	Norte y noreste del país, excluido el Estado de Tamaulipas.

Tabla 5.5 Recomendaciones generales de los productos asfálticos.



Esta distribución se basa en condiciones climáticas y no incluye otras variables importantes como el tipo de agregado pétreo, la intensidad del tránsito y otros factores como el NAF. Por lo que para realizar un concreto asfáltico de calidad deberán tomarse en cuenta las siguientes características:

- A. Enviar pétreos sanos, limpios y bien graduados.
- B. Utilizar procedimientos constructivos adecuados.
- C. Aplicar las temperaturas recomendadas.

En algunas ocasiones será necesario adicionar algún aditivo.

### **TABLA DE APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS ASFÁLTICOS.**

Aplicación de los productos asfálticos. TABLA 5.6 siguiente:

CEMENTO ASFÁLTICO O EMULSIÓN.	TRABAJOS RECOMENDADOS EN FORMA GENERAL.
AC-5, AC-10, AC-20, Y AC-30 (SOLOS O MODIFICADOS)	PARA REALIZAR CONCRETOS ASFÁLTICOS EN LAS REGIONES SEÑALADAS Y SOBRE TODO EN CARRETERAS DE ALTA CIRCULACIÓN CON ALTA INTENSIDAD DE TRÁNSITO Y CON UN ELEVADO NÚMERO DE CARGA POR EJE.
EMULSIONES ASFÁLTICAS CATIONICAS DE FRAGUADO LENTO O SUPERESTABLE.	PARA RIEGO DE IMPREGNACIÓN DE BASES HIDRÁULICAS.
EMULSIONES ASFÁLTICAS CATIONICAS DE FRAGUADO MEDIO.	PARA CARPETAS ASFÁLTICAS MEZCLADAS EN FRÍO, PARA CARRETERAS CON TRÁNSITO MÁXIMO DE 2000 VEHÍCULOS, TAMBIÉN SE EMPLEA EN TRABAJOS DE BACHEO, RE-NIVELACIÓN Y SOBRE-CARPETAS.
EMULSIONES DE FRAGUADO RÁPIDO.	SE UTILIZA PARA RIEGOS DE LIGA, CARPETAS ASFÁLTICAS DE RIEGO Y RIEGOS DE SELLO (GRAVILLA) CONVENCIONALES.

Tabla 5.6 aplicación.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA O EN CALIENTE. (Es superficial no afondo).**

En la planta de concreto asfáltico se deberá tener el material pétreo del diámetro adecuado (menor de una pulgada) que de preferencia deberá estar triturado y cumplir con las especificaciones que marca la S.C.T. este material se eleva a un cilindro de calentamiento y secado hasta llegar a una temperatura de 160 a 175<sup>0</sup>c, de ahí se pasa a la unidad de mezclado donde se criba para alimentar 3 o 4 tolvas con material de diferente tamaño, se pesa la cantidad de material necesaria de pétreo y se depositan en las cajas mezcladoras donde se le provee de cemento asfáltico AC-20 el cual deberá estar a una temperatura de 130 a 150<sup>0</sup>c, se recomienda no exceder estos valores para evitar que se pierdan propiedades, se realiza la mezcla hasta su homogenización y ésta se vacía a los vehículos a una temperatura de entre 120 y 130<sup>0</sup>c, de preferencia esta mezcla se cubre con una lona para evitar se enfríe en el trayecto. Este procedimiento constructivo de una mezcla asfáltica en planta o en caliente, es superficial el comentario; creo que es conveniente, hablar de este procedimiento, pero más adelante se especifica un poco mejor el tema sobre mezclas asfálticas, pero vi adecuado hacer el comentario, porque si es importante tenerlo en mente.

### USO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS (MEZCLAS ASFÁLTICAS).

Las emulsiones asfálticas son emulsiones de cementos asfálticos en agua, es decir, pequeños glóbulos de asfalto de un diámetro de 2 a 20 micras que permanecen en suspensión en el medio acuoso. Al formarse la emulsión, cuando se pone en contacto, el cemento asfáltico a elevada temperatura y el agua caliente en un tanque agitador, es la presencia de un agente emulsificante que se disuelva en la fase acuosa, y que evite la coalescencia de los glóbulos de asfalto.

En el caso de las emulsiones ordinarias, que reciben el nombre de emulsiones aniónicas debido a la carga eléctrica de signo negativo presente en la superficie del glóbulo de asfalto, el agua que se utiliza en la elaboración de la emulsión es alcalina, el cual al reaccionar con los ácidos naftenicos del asfalto, produce un jabón que actúa como agente emulsificante y que forma una película protectora que rodea al glóbulo.

En general se puede decirse que las emulsiones asfálticas facilitan los trabajos de pavimentación ya que se emplean a la temperatura ambiente (siempre que sea superior a 10<sup>0</sup>c.), eliminando el calentamiento que se requiere en los demás productos asfálticos. Puede aplicarse sobre materiales húmedos y en el caso de mezclas asfálticas en el lugar, se eliminan las operaciones de desfluxamiento que se requieren cuando se emplean asfaltos rebajados. Presentan el inconveniente las emulsiones del tipo aniónico, de que su adherencia con materiales pétreos del tipo ácido (materiales silicosos) es sumamente deficiente, debido a las cargas eléctricas de signo negativo presentes en la superficie de las partículas pétreas. Como los glóbulos de asfalto tienen en su superficie una carga eléctrica del mismo signo, existe una repulsión que impide la buena adherencia de la película asfáltica.

Se tiene otro tipo de emulsión asfáltica, la emulsión catiónica, que se diferencia de las emulsiones ordinarias, primero por la carga eléctrica de signo positivo orientada hacia la superficie de los glóbulos de asfalto, proporcionada por los agentes emulsificantes y segundo porque se mantienen en un medio ácido.

Las emulsiones catiónicas pueden utilizarse en la construcción de carpetas de riegos, las del tipo rápido, o bien en mezclas elaboradas en el lugar o en planta, y aun en estabilización de suelos cuando su rompimiento es más lento. Presentan la enorme ventaja de que pueden emplearse con cualquier tipo de material pétreo, aun con los altamente hidrófilos que tienen poca afinidad por el asfalto, y también con materiales que tengan un contenido elevado de agua, superior al correspondiente a su humedad de absorción.

Este tipo de emulsiones ha sido empleado con magníficos resultados.

En las tablas de la 5.7 a la 5.12 siguientes: aparecen los requisitos que deben exigirse a los diferentes productos asfálticos para asegurar que su calidad sea satisfactoria.

Estas normas son las adoptadas por la S.C.T. y corresponden a las normas de calidad adoptadas por el instituto de asfaltos de la unión americana.

#### ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS TABLA 5.7

CONCEPTO	GRADO DE CEMENTO ASFÁLTICO			
	NÚM. 3	NÚM. 6	NÚM.7	NÚM. 8
PUNTO DE IGNICIÓN. (COPA ABIERTA DE CLEVELAND) EN °C.	220 MÍN.	230 MÍN.	240 MÍN.	260 MÍN.
PENETRACIÓN EN GRADOS.	180-200	80-100	60-70	40-50
PUNTO DE FUSIÓN EN °C.	37-43	45-52	48-56	52-60
DUCTILIDAD EN CM.	100 MÍN.	100 MÍN.	100 MÍN.	100 MÍN.
SOLUBILIDAD EN CC14 EN %	99.5 MÍN.	99.5 MÍN.	99.5 MÍN.	99.5 MÍN.
PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO EN %	1.0 MÁX.	1.0 MÁX.	0.5 MÁX.	0.5 MÁX.

Tabla 5.7 especificaciones.

La prueba de penetración es de las más importantes.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LOS ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RÁPIDO. TABLA 5.8

PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN	GRADO DEL PRODUCTO.				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PENETRACIÓN EN GRADOS.	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
DUCTILIDAD EN CM. (MÍNIMO)	100	100	100	100	100
SOLUBILIDAD EN CC14 (%MÍNIMO)	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Tabla 5.8 Fraguado rápido.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LOS ASFALTOS REBAJADO DE FRAGUADO MEDIO. TABLA 5.9

PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN	GRADO DEL PRODUCTO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PENETRACIÓN EN GRADOS	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
DUCTILIDAD EN CM. (MÍNIMO)	100	100	100	100	100
SOLUBILIDAD EN CC14 (% MÍNIMO)	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Tabla 5.9 Fraguado medio.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LOS ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO. TABLA 5.10

PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN	GRADO DEL PRODUCTO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
FLOTACIÓN A50 <sup>0</sup> C. EN SEG.	15-100	15-100	15-100	15-100	15-100
CONTENIDO DE ASFALTO DE 100 <sup>0</sup> DE PENETRACIÓN (APROX.)	40MÍN.	40MÍN.	40MÍN.	40MÍN.	40MÍN.
DUCTILIDAD EN CM. (MÍNIMO)	100	100	100	100	100
SOLUBILIDAD EN CC14 (%MÍN.)	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Tabla 5.10 Fraguado lento.

TABLA 5.11 PRUEBA EN EL PRODUCTO ORIGINAL.

PRUEBA EN EL PRODUCTO ORIGINAL.	GRADO DEL PRODUCTO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PUNTO DE IGNICIÓN.			35 <sup>0</sup> C.	35 <sup>0</sup> C.	35 <sup>0</sup> C.
MÍNIMO (COPA ABIERTA DE CLEVELAND)	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
	38 <sup>0</sup> C.	38 <sup>0</sup> C.	66 <sup>0</sup> C.	66 <sup>0</sup> C.	66 <sup>0</sup> C.
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
	66 <sup>0</sup> C.	66 <sup>0</sup> C.	80 <sup>0</sup> C.	93 <sup>0</sup> C.	107 <sup>0</sup> C.

Tabla 5.11 prueba en el producto original.

PRUEBAS EN LA EMULSIÓN. TABLA 5.12 SIGUIENTE:

PRUEBAS EN LA EMULSIÓN.	TIPO DE LA EMULSIÓN.	
	FRAGUADO RÁPIDO.	FRAGUADO LENTO.
VISCOSIDAD.	100 MÁXIMO.	100 MÁXIMO.
RESIDUO POR DESTILACIÓN.	57-58%	56-60%
ASENTAMIENTO EN 5 DÍAS.	3% MÁXIMO.	3% MÁXIMO.
DEMULSIBILIDAD CON 35 CC. N/50 CaC12 CON 35 CC. N/10 CaC12	30% MÍNIMO.	1.0% MÁXIMO.
RETENIDO EN LA MALLA No. 20	0.1% MÁXIMO.	0.1% MÁXIMO.
MISCIBILIDAD CON CEMENTO.		2.0% MÁXIMO
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN.		
PENETRACIÓN.	100-200	100-200
CENIZAS.	0.5% MÁXIMO.	0.5% MÁXIMO.

Tabla 5.12 Pruebas en la emulsión.



### **MEZCLAS ASFÁLTICAS.**

Se conoce como mezclas asfálticas, aquellas mezclas que están constituidas por partículas minerales de material pétreo, las cuales están envueltas por una película continua del ligante. Actualmente constituyen un material ampliamente usado en la construcción de firmes flexibles.

A partir de la mezcla asfáltica se lleva a cabo la formación de la carpeta, que constituye principalmente la capa superficial del pavimento. También se utiliza en la instalación de sobre carpetas y mezclas para bacheo entre otras.

Se denomina “mezcla asfáltica en frío”, a la mezcla que puede manejarse, extenderse y compactarse a temperatura ambiente.

El uso de la emulsión asfáltica asegura una dosificación más uniforme del ligante respecto al material pétreo, mejor adhesividad y permite el uso de materiales de menor calidad respecto al material requerido para mezcla en caliente.

Las mezclas asfálticas pueden clasificarse en tres tipos:

- i. De textura cerrada, si los vacíos existentes entre el material pétreo están comprendidos entre 3 y 6% de la mezcla.
  
- ii. De textura semicerrada, si los vacíos están comprendidos entre el 6 y 12% de la mezcla.
  
- iii. De textura abierta, si los espacios vacíos abarcan más del 12% de la mezcla.

### **MEZCLA EN EL LUGAR O PLATAFORMA.**

Este tipo de mezcla como su nombre lo dice, se elabora en el lugar de su aplicación, ya sea sobre el mismo camino o sobre una plataforma localizada a un costado de dicho camino.

Normalmente la acción de dos motoconformadoras es la que lleva a cabo la mezcla de los pétreos y de la emulsión.

En México este sistema se emplea principalmente en el mantenimiento de carreteras. Sin embargo no es el método mas adecuado debido principalmente a los siguientes inconvenientes:

- Bajo nivel de producción de mezcla asfáltica. En condiciones óptimas se produce un máximo de  $30\text{m}^3/\text{h}$  ( $300\text{m}^3$  diarios).
- Uso de maquinaria y de personal en cantidades considerables, incrementando así el costo de la obra.
- Posibilidad de que la mezcla no quede homogénea debido a una mala distribución de la emulsión asfáltica o una mala operación de las motoconformadoras.
- Necesidad de contar con personal calificado para la operación de dichas motoconformadoras.

### **ELABORACIÓN Y TENDIDO DE LA MEZCLA.**

- A. Se inicia el proceso de elaboración incorporando la humedad de mezclado necesario al material pétreo por medio de una pipa. Es conveniente señalar que la humedad de mezclado en campo debe ser mayor respecto a la recomendada por el laboratorio.
- B. Por medio de las motoconformadoras se homogeniza el material pétreo y el agua de la mezcla.

- C. Una vez hecho esto, se procede a la incorporación de la emulsión asfáltica. la motoconformadora abre una cama en el camellón de material pétreo con el menor espesor posible para que la petrolizadora haga su primer riego de emulsión. En seguida debe pasar la segunda motoconformadora cubriendo la emulsión con el material al mismo tiempo que la revuelve, dejando una nueva cama para la siguiente aplicación.
  
- D. Se repite la operación anterior. Es importante que la dosificación total de la emulsión se haga en el mayor número de pasadas posibles de la petrolizadora, ya que esta ayuda a tener mayor difusión del ligante.
  
- E. Cuando se termina de agregar la emulsión, debe homogenizarse la mezcla efectuando el mezclado con las motoconformadoras.

Enseguida mencionarse algunas recomendaciones para la elaboración de una mezcla asfáltica y así tener mejor resultados de esta en su utilización.

- a) Al elaborar una mezcla asfáltica y no es utilizada el día de su elaboración, debe dejarse arropada para proseguir con el tendido o la aplicación de esta en días posteriores.
  
- b) El camellón que se produce no debe ser mayor de  $250\text{m}^3$ .
  
- c) En algunas ocasiones el contratista o compañía constructora, solicita al proveedor de la emulsión que incorpore su producto directamente de la pipa o auto tanque al material pétreo, en este caso debe tenerse cuidado de que en cada pasada de la pipa el flujo de la emulsión depositada sobre el material sea el menor posible y el número de pasadas sea el mayor posible.

- d) La curva granulométrica del material pétreo para mezclas en el lugar debe cumplir con lo que indique el proyecto en cada caso.
- e) Posterior al mezclado, la mezcla asfáltica se deja reposar para que adquiera su humedad óptima de compactación. Cuando se obtiene es necesario preparar la superficie a tratar barriéndola para que a continuación se efectuó sobre ella un riego de liga y entonces proceder al tendido de la mezcla.
- f) La compactación se efectúa una vez que la mezcla ha sido tendida. Primero se utiliza el rodillo liso del DÚO-PACTOR dando únicamente una cerrada, para continuar después con el equipo neumático, de preferencia autopropulsado.
- g) Debe procurarse tender la mezcla asfáltica en capas no mayores a 75mm.
- h) Las propiedades de mezclado, cubrimiento y manejabilidad de la mezcla asfáltica no se deben tratar de mejorar adicionando un exceso de agua. Estos factores dependen del tipo de emulsión empleada y de las características del material pétreo.
- i) Las mezclas asfálticas en el lugar siempre se efectúan con pétreos de textura cerrada. Debido a estas características se considera que son impermeables después de haber sido compactadas.

#### **MEZCLAS EN PLANTAS ESTABILIZADORAS.**

Este tipo de mezclado es más eficiente que el sistema de mezcla en el lugar o plataforma. Con este tipo de plantas es probable producir hasta  $60\text{m}^3/\text{h}$  y las características de las mezclas son más homogéneas.

Un aspecto práctico es colocar la planta estabilizadora en el lugar más cercano a donde se localice el banco de material.

Para el diseño de la planta asfáltica debe de analizarse el material pétreo con el propósito de observar que cumpla con las especificaciones de diseño.

El equipo necesario para llevar a cabo este tipo de aplicación es el siguiente:

- Planta estabilizadora convencional.
- Un cargador frontal.
- Una pavimentadora o “finisher”.
- Un DÚO-PACTOR.
- Barredora.
- Tanques de almacenamiento.
- Petrolizadora.

#### **PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN.**

- El material pétreo se recibe en una tolva.
- El material pétreo se pasa de la tolva a través de los dosificadores a una banda transportadora, la cual descarga en el mezclador.
- La emulsión asfáltica es bombeada del almacenamiento al mezclador de paletas o a través de una tubería.
- La emulsión asfáltica es distribuida en el mezclador de paletas por medio de una barra.
- El consumo de emulsión es controlable y por lo tanto el residuo en la mezcla no varía.

#### **RECOMENDACIONES.**

- Es importante procurar que la velocidad de rompimiento de la emulsión sea el adecuado para no disminuir el rendimiento de la máquina.
- Es importante incorporar a la planta una banda adicional para la incorporación de la humedad de mezclado al material pétreo.

## CONCLUSIONES.

En este último capítulo se hará un rápido comentario sobre la conclusión de la elaboración de esta tesis.

Pues por bien espero que sea de provecho y beneficio la investigación, estudio y elaboración de este trabajo, para mejorar las obras en la ingeniería civil.

Este trabajo ya que habla de la construcción de un pavimento flexible (la superficie de rodamiento). Ya que a lo largo de la investigación, creo que debemos estudiar, analizar la infraestructura para la construcción de un camino, que sea rápida, seguro y cómodo, eficaz y económico.

Ya que en la construcción de caminos están muy eficientes, pienso yo; por una falta de planeación mal efectuada, es por eso que la realización de esta tesis, realmente ayude para mejorar las condiciones de vida, para el traslado del ser humano, y del progreso en general.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

CAMINOS: PAVIMENTOS FLEXIBLES.

INGS. JOSÉ LUIS BECERRA MAGAÑA Y VENTURA ESCARIO V. / LUYSIL DE MÉXICO. S.A.

INGENIERÍA DE CARRETERAS:

LAURENCE I. HEWES Y CLARKSON H. OGLESBY.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN:

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS (S.C.T.).

APUNTES DE PAVIMENTOS:

ING. GUILLERMO PRIETO A.

PAVIMENTOS ASFÁLTICOS:

J. ROGERS MARTIN Y HUGH A. WALLACE.

EMULSIONES ASFÁLTICAS:

MI. GUSTAVO RIVERA E. / UPREDESA.

WWW. NORMATIVA. S.C.T.COM.