



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**Estructuración de la sección
transversal con pavimento
flexible en las vías terrestres**

T E S I S

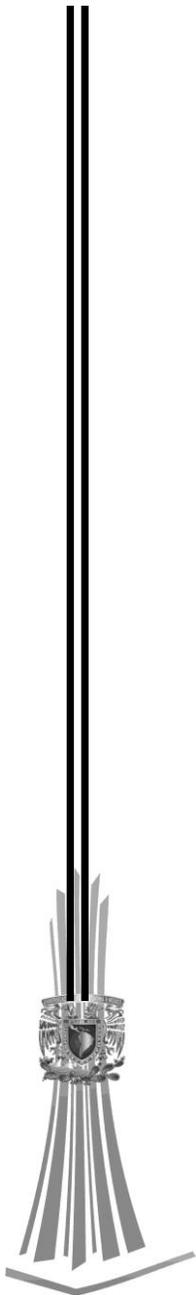
**PARA OBTENER EL GRADO DE
Ingeniero Civil**

P R E S E N T A N :

OSCAR IVÁN ROMERO MUÑOZ

ARTURO SÁNCHEZ SÁNCHEZ

ASESOR: MTR. MARIO SOSA RODRIGUEZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

OSCAR

A mis familiares y amigos que con su apoyo y comprensión ha sido posible que se haya cumplido una meta tan anhelada en mi vida muchas gracias por su comprensión. De mi parte haré el máximo esfuerzo para servir a la gente tal como ustedes me lo brindaron y al mismo tiempo ustedes estén orgullosos de mí.

AGRADECIMIENTOS

ARTURO

A mi madre por el apoyo y amor brindado a lo largo de toda mi carrera, a mi hermano Mario porque siempre que necesite una mano me dio la suya, a mi hermana Laura por la fuerza y confianza que sembró en mí para no desistir, a mi hermana Erica porque siempre estuvo a mi lado orientándome y animándome a ser mejor cada día, a mis tíos Guadalupe e Inés por brindarme el cariño y la calidez de su hogar. A todos ellos mil gracias por ayudarme a lograr lo que en un tiempo creí imposible

DEDICATORIA

OSCAR

A mis padres

Isidoro Romero Soto.

Dolores Muñoz Aguayo.

A mi esposa

Areli Romero González.

A mi hija

Madisson Romero Romero.

Que son las personas que mas quiero y que siempre estuvieron en el momento mas preciso para brindarme su mano, darme el mejor consejo para seguir adelante con este ahora su triunfo

DEDICATORIA

ARTURO

A ti papa, que aunque no pudiste compartir esta importante etapa de mi vida, te he llevado siempre muy presente en cada paso que doy

A ti mamá por tu corazón incansable y porque me diste el mejor de los ejemplos y me has demostrado que no hay imposibles

A ti Olga porque ahora contigo comparto mis nuevos sueños y retos, porque se que eres la mujer que me ayudara a cumplirlos

A ustedes hijos para recuerden que la determinación es la herramienta con la que conseguirán sus metas y sus sueños, les dedico uno de mis mas grandes logros porque estoy seguro que ustedes tendrán muchos mas.

INDICE

ESTRUCCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRES

I GENERALIDADES

1. ANTECEDENTES HISTORICOS.....	1
BREVE HISTORIA DE LAS VIAS TERRESTRES.....	7
1.1.2 LOS CAMINOS DE LA HISTORIA DE MEXICO.....	9
1.1.3 LOS CAMINOS DURANTE LA COLONIA.....	10
1.1.4 EL RÁPIDO CRECIMIENTO DEL AUTOMÓVIL.....	13
1.2 PAVIMENTOS.....	13
1.2.1 LA SUB- BASE.....	15
1.2.2 LA BASE.....	16
1.2.3 SUS FUNCIONES.....	19
1.2.4 LOS TIPOS DE FALLAS.....	20
1.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	21
1.4 PAVIMENTOS RIGIDO.....	23
1.5 GEOSINTETICOS.....	24
1.6 GEOTEXTILES.....	24

2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SUS TRATAMIENTOS

2.1 TRATAMIENTO DE LOS MATERIALES.....	26
2.1.1 MATERIALES QUE NO REQUIEREN TRITURACION.....	26
2.1.2 MATERIALES QUE REQUIEREN CRIBADO.....	30
2.1.3 MATERIALES QUE REQUIEREN TRITURACION.....	33
2.1.4 MATERIALES QUE REQUIEREN LAVADO.....	36
2.2 MATERIALES PETREOS.....	36
2.2.1 ROCAS IGNEAS.....	36
2.2.2 ROCAS SEDIMENTARIAS.....	37
2.2.3 ROCAS METAMORFICAS.....	37
2.3 PRUEBAS DE LABORATORIO A MATERIALES PETREOS PARA CARPETAS ASFALTICAS.....	38
2.3.1 PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO.....	38
2.3.2 CONTENIDO DE AGUA.....	38
2.3.3 GRANULOMETRIA.....	39
2.3.4 DENSIDAD Y ABSORCION.....	40
2.3.5 DESGASTE.....	41
2.3.6 LIMITES DE CONSISTENCIA.....	42
2.3.7 DETERMINACION DEL LIMITE LÍQUIDO.....	43
2.3.8 DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO.....	45
2.3.9 DETERMINACION DEL INDICE PLASTICO.....	46

2.3.10 PLASTICIDAD.....	47
2.3.11 EQUIVALENTE DE HUMEDAD DE CAMPO (E.H.C.).....	49

3 TERRENO NATURAL Y LAS TERRACERIAS

3.1 TERRACERIAS.....	50
3.1.1 PRINCIPALES TIPOS DE SUELO.....	51
3.2 SUELOS COESIVOS Y SUELOS NO COESIVOS.....	57
3.3 NORMAS GENERALES EN TERRACERIAS.....	57
3.3.1 DESMONTE.....	58
3.3.2 CORTES.....	62
3.3.3 MATERIAL A.....	63
3.3.4 MATERIAL B.....	63
3.3.5 MATERIAL C.....	64
3.4 PRETAMOS.....	67
3.5 TERRAPLENES.....	69
3.6 MATERIALES COMPACTABLE.....	69
3.7 MATERIALES NO COMPACTABLES.....	70
3.8 CANALES.....	74
3.9 ACARREOS PARA TERRACERIAS.....	74

4 CARPETA ASFALTICA

4.1 DIFERENTES TIPOS DE ASFALTOS.....	76
4.2 TIPOS DE PRODUCTOS ASFALTICOS OBTENIDOS POR DESTILACION DIRECTA DEL PETROLEO CRUDO.....	77
4.3 TIPOS DE PRODUCTOS ASFALTICOS LIQUIDOS.....	78
4.4 MATERIALES PETREOS PARA CARPETA ASFALTICA.....	81
4.4.1 REQUISITOS.....	82
4.5 TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	83
4.5.1 ADHERENCIA.....	84
4.5.2 IMPREGNACION.....	87
4.5.3 LECHADA ASFALTICA.....	89
4.6 ENSAYE DE LOS ASFALTOS.....	90
4.6.1 DENSIDAD DEL PRODUCTO ASFALTICO.....	90
4.6.2 DESTILACION DE LOS ASFALTOS REBAJADOS.....	90
4.6.3 DESTILACION DE LA VISCOSIDAD DE LOS ASFALTOS REBAJADOS Y DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS.....	92
4.6.4 DETERMINACION DE LA PENETRACION EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION DE LOS ASFALTOS REBAJADOS Y EN LOS CEMENTOS ASFALTICOS.....	94
4.6.5 DETERMINACION DE L PUNTO DE IGNICION DE LOS ASFALTOS REBAJADOS Y EN CEMENTO ASFALTICO.....	95
4.6.6 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA EN ASFALTOS REBAJADOS.....	96
4.6.7 DETERMINACION DEL PUNTO DE FUSION O REBLANDESIMIENTODE LOS CEMENTOS ASFALTICOS.....	96
4.6.8 DETERMINACION DE LA DUCTILIDAD EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION DE ASFALTOS REBAJADOS Y EN CEMENTOS ASFALTICOS.....	98

4.6.9 PERDIDA POR CALENTAMIENTO.....	99
4.6.10 EMULSIONES ASFALTICAS.....	99

5 ESTRUCTURACION DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

5.1 DEFINICION Y FUNCION DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA SECCION DE LAS TERRACERIAS PARA LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	102
5.2 SUBRASANTE.....	106
5.3 SUBYACENTE.....	107
5.4 CUERPO DEL TERRAPLEN.....	108
5.5 TERRENO NATURAL.....	108
5.6 SUELO DE CIMENTACION.....	109
5.7 DEFINICION Y FUNCION DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA SECCION DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	109
5.8 CARPETA ASFALTICA.....	113
5.9 BASE.....	114
5.10 SUBBASE.....	115
CONCLUSIONES.....	117
BIBLIOGRAFIA.....	119

INTRODUCCIÓN

La importancia de los primeros caminos y la construcción en la república mexicana, es sin duda una tarea que necesita una buena planificación, ya que no es conveniente dar soluciones improvisadas basadas en la intuición, si no trabajar sobre información técnica y científica bien fundamentada para cubrir y dar solución a las necesidades, de infraestructura de comunicación.

México cuenta con una gran cantidad de caminos y carreteras que cuentan con pavimento flexible en sus diferentes modalidades; desde el año 1925 hasta la actualidad son ya gran cantidad de kilómetros construidos, los cuales tienen el mismo alto nivel que muchas carreteras en el mundo.

OBJETIVO

Es importante mencionar que la razón fundamental de esta tesis es dar a conocer, desde el punto de vista técnico, la elaboración y construcción de secciones transversal con pavimento flexible, pero no descartando los demás aspectos, que no técnicos, son de valor considerable. Dado que la construcción de un nuevo camino no solo significa un mayor desarrollo en la zona, sino también refleja beneficios para el usuario, al brindarle seguridad, comodidad y funcionalidad durante su viaje, así como una vía para intercambio de mercancías.

UTILIDAD DE LA TESIS

Servirá como material de apoyo a los alumnos de la carrera de ingeniería civil que se interesen en el área de tercerías y pavimentos flexibles aplicados en su mayoría en las vías terrestres a nivel nacional, para reforzar la estructura cognitiva de los alumnos aplicando la técnica y practica de una forma grafica, ya que con los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica en conjunto de la aplicación en campo se llega a formar una visión mas clara acerca de los requerimientos de los diferentes tipos de materiales, maquinarias y herramientas que son necesarios en los procesos constructivos y la forma optima de utilizarlos para su correcta ejecución,

CAPITULO I GENERALIDADES

Se describe antecedentes de los primeros caminos y su evolución a través del tiempo y su aplicación en función de conocimientos empíricos asta la aplicación de la ciencia y la tecnología para llegar así a una vía de comunicación cómoda, segura y estable de acuerdo a las necesidades de los usuarios

CAPITULO II MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SUS TRATAMIENTOS

Se describen los procesos de selección y tratamientos necesarios de los diferentes tipos de materiales aplicados en las capas que conforman la estructura que recibe al pavimento, para garantizar que los materiales seleccionados tengan las características apropiadas para resistir las cargas transmitidas

CAPITULO III TERRENO NATURAL Y LAS TERRACERIAS

Se describe la clasificación los diferentes tipos de suelos y materiales, que se presentan a lo largo de las diferentes zonas donde se pretende construir un camino para saber que trabajos se relajaran, cubicar el material que se puede aprovechar y el que es necesario retirar de la sección del camino, considerando los acarreos y maniobras que se realizaran durante el proceso constructivo

CAPITULO IV CARPETA ASFALTICA

Se describen los diferentes tipos de asfaltos existentes, sus características y las pruebas más comunes que garantizan su calidad para formar parte de la carpeta, dando a conocer las ventajas obtenidas y las recomendaciones para garantizar su durabilidad, los procedimientos empleados, así como el equipo y maquinaria necesaria en la conformación de la sección y su espesor

CAPITULO V ESTRUCTURACION DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Se describen las diferentes capas que conforman la sección, las funciones que realizan cada una de ellas y las características apropiadas para distribuir las cargas transmitidas de manera homogénea, en base al tránsito diario promedio anual para el cual fueron proyectadas, cumpliendo con las condiciones de servicio

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CAPITULO I. GENERALIDADES.

1. ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde la antigüedad, la construcción de carreteras ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 a.C.; los chinos, que construyeron la ruta de la seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años, y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y los incas de Sudamérica, que construyeron una avanzada red de caminos que no pueden ser considerados estrictamente como carreteras, ya que los incas no conocían la rueda. Esta red, se distribuía por todos los Andes e incluía galerías cortadas en rocas sólidas. En el siglo I, el geógrafo griego Estrabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua Babilonia; los escritos de historiador griego del siglo V a.C., mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras monumentales levantadas por los faraones.

De las carreteras aún existentes, las más antiguas fueron construidas por los romanos. La vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C., y la vía Faminia hacia el 220 a.C. En la cumbre de su poder, el Imperio romano tenía un sistema de carreteras de unos 80.000 km, consistentes en 29 calzadas que partían de la ciudad de Roma, y una red que cubría todas las provincias conquistadas importantes, incluyendo Gran Bretaña. Las calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm, y estaban compuestas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior. Según la ley romana toda

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

persona tenía derecho a usar las calzadas, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba. Este sistema era eficaz para mantener las calzadas en buen estado mientras existiera una autoridad central que lo impusiera; durante la Edad Media (del siglo X al XV), con la ausencia de la autoridad central del Imperio romano, el sistema de calzadas nacionales empezó a desaparecer.

A mitad del siglo XVII, el gobierno francés instituyó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras, y con este método construyó aproximadamente 24.000 km, de carreteras principales. Más o menos al mismo tiempo, el Parlamento instituyó un sistema para conceder franquicias a compañías privadas para el mantenimiento de las carreteras, permitiendo a las compañías que cobraran un peaje o cuotas, por el uso de las mismas. Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, dos ingenieros británicos, Thomas

Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción de carreteras. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15 cm de piedra quebrada compacta.

McAdam mantenía que la tierra bien drenada soportaría cualquier carga. En el método de construcción de carreteras de McAdam, la capa final de piedra quebrada se colocaba directamente sobre un cimiento de tierra que se elevaba del terreno circundante para asegurarse de que el cimiento, desaguaba. El sistema de McAdam, llamado macadamización, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en Europa. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar el paso intenso de los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente.

Durante el periodo de expansión del ferrocarril en la última mitad del siglo XIX, el desarrollo de las carreteras sufrió su correspondiente declive. También en este periodo se introdujeron el ladrillo y el asfalto como pavimento para las calles de las ciudades.

La popularidad de la bicicleta, que comenzó en la década de 1880, y la introducción del automóvil una década más tarde, llevaron a la necesidad de tener más y mejores carreteras. El considerable aumento del tráfico de automóviles durante la siguiente década demostró la ineficacia de los viejos métodos de pavimentación. Como medida correctiva, se utilizaron alquitrán de hulla, alquitrán, y aceites, en primer lugar como aglomerantes de superficie, y en segundo lugar como soportes de penetración en el pavimento macadam. El pavimento bituminoso se utilizaba mucho en las ciudades; este tipo de material consistía en tallas niveladas de piedra quebrada que se recubrían —antes de colocarlas— con un material bituminoso, como el asfalto o el alquitrán, y se apisonaban después con rodillos pesados.

El pavimento bituminoso es más duradero que el pavimento macadam con soportes aglomerantes. Durante la I Guerra Mundial, la construcción de carreteras incluía el drenaje del subsuelo, una cimentación adecuada, una base de hormigón y una capa superficial adicional de hormigón o pavimento bituminoso para soportar el repentino aumento del tráfico pesado, y el intenso paso vehicular.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



Figura 1.0.1 Material para recibir esfuerzos

El sistema italiano de *autostradas* constituyó la primera red de autopistas construidas durante la década de 1920 como calzadas con tres carriles individuales. El sistema de autopistas verdaderamente moderno fue el *Autobahn* alemán, construido en los años treinta. Consistente en tres rutas Norte-Sur, tres rutas Este-Oeste y calzadas de dos carriles, la red *Autobahn* fue diseñada para grandes volúmenes de tráfico (sobre todo militares) y velocidades que sobrepasaran los 165 kilómetros por hora.

Vía de comunicación que por lo general, mantiene la autoridad gubernamental o regional para el paso de vehículos, personas o animales. Las carreteras se pueden clasificar en varias categorías y según la importancia de los centros de población que comunican. Hacia 1950, la mayoría de los países europeos tenía una red de carreteras principales, siendo la de Alemania la más avanzada.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Las variables más importantes a tener en cuenta en la ingeniería de caminos moderna son la inclinación de la tierra sobre la que se construye la carretera, la capacidad del pavimento para soportar la carga esperada, la predicción de la intensidad de uso de la carretera, la naturaleza del suelo que la sostiene y la composición y espesor de la estructura de pavimentación. El pavimento puede ser rígido (permitiendo poca latitud de flexión) o flexible. El pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tráfico pesado. Bajo el pavimento se emplea arena o grava fina como base para reforzarlo.



FIGURA 1.0.2 TRAZO EN LINEA RECTA

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Las carreteras modernas, se construyen en líneas casi rectas a través de campo abierto, en lugar de seguir las viejas rutas establecidas. Las áreas congestionadas, se evitan o se cruzan utilizando avenidas especiales, túneles o pasos elevados. La seguridad, se ha incrementado separando el tráfico y controlando los accesos. En las autopistas y autovías, se separan los vehículos que viajan en sentidos opuestos con una mediana. Las principales características de las autopistas y auto vías modernas son señales luminosas adecuadas para la conducción nocturna, amplios arcenes, carriles con distintas velocidades, carriles de subida, carriles reversibles, zonas de frenado de emergencia, carriles para autobuses, señales reflectoras, marcas en el pavimento y señales de control de tráfico, entre otras.



IMAGEN 1.0.3 CAMINO CON SEÑALIZACIÓN

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

1.1 BREVE HISTORIA DE LAS VÍAS TERRESTRES.

Cuando los conquistadores españoles llegaron a lo que hoy constituye el territorio nacional, específicamente la Gran Tenochtitlán encontraron que sus pobladores no hacían uso de la rueda en vehículos de transporte y no disponían tampoco de animales de tiro y carga, pero a pesar de ello, cosa curiosa. Contaban con un buen número de buenas calzadas de piedra, así como una considerable cantidad de caminos, veredas y senderos. Partiendo de la capital azteca, los españoles encontraron amplias calzadas sobre el lago, que se dirigían a los pueblos cercanos.

Se ha dicho que los caminos cuentan la historia del mundo que todos los pueblos han viajado por sus propios caminos, han sido tan importantes las rutas de las caravanas del desierto como los caminos de los romanos, los incas de los mayas, caminos de napoleón y carreteras del siglo xx. Primero fueron simples veredas, formadas por el pie del hombre en su diario recorrido al río y/o manantial, después cuando el hombre aprendió a emplear los animales para transportar mercancías, nacieron las rutas de las caravanas y los caminos para el comercio y el uso de las carretas, hubo necesidad de mejorar sus caminos para adaptarlos a los vehículos de ruedas y tracción animal, cuando aparece un ligero vehículo de pasajeros tirado por numerosos caballos sufren nuevas modificaciones acercándola así al camino actual.

Dentro de la información confiable que nos proporciona la historia los primeros grandes caminos de viejo mundo los dirigieron los persas son sin embargo las grandes vías de los romanos, ligadas a su historia, ya que no eran tan solo simples rutas comerciales de las caravanas que atravesaban Palestina para llegar a Egipto y al viaje que hacían las caravanas con mercancías.

Roma conquistó el mundo con sus regiones pero no hubiera podido nunca mantener su dominio y gobernar su enorme imperio, sin las vías que la hicieron

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

famosa, como aquella que brincando de Sicilia a Cartago por el norte de África que llegaban a Macedonia, la caída del imperio romano ante los bárbaros, aquella red de caminos fue declinando y durante trece siglos, no hubo una nación equivalente en fuerza y poderío capaz de crear y mantener caminos en buenas condiciones.

Napoleón, sin embargo comprendió la importancia de los caminos, como guerrero necesitaba que sus tropas pudieran moverse con facilidad, arrastrando sus cañones el perseguía el propósito y para satisfacerlo mejoró los caminos de forma adecuada al mismo. Mientras tanto en esos siglos pero en otro continente, el nuestro, el americano, sucedían cosas en algo semejante. La maravillosa expansión del imperio inca, solo pudo haberse conseguido a base de caminos, por ejemplo para peatones, tales como los que precedieron de las vías romanas.

Únicamente así es explicable que en cien años se extendiera el dominio inca desde el norte del ahora ecuador, hasta lo que es parte central de Chile, conquistando y sometiendo regiones y gentes, en una extensión que llegó hasta Bolivia.

Del pueblo Maya conservamos aquí en **México** restos de los estupendos caminos que construyeron con buen trazo y excelente terracería, de 5 a 6 metros de ancho cubierto con un fino material calizo que aún hoy en día constituyen una superficie uniforme y compacta tenían fines religiosos y varios de ellos convergían en Itzamal, sobre lo cual fray Diego López Dogo yudo, en su curiosa historia de Yucatán, impresa en Madrid de 1688 nos relata lo siguiente, otro templo tenían en otro cerro que cae al poniente dedicado también a este mismo ídolo itzamat-ul que quiere decir que recibe y posee la gracia o rocío del cielo en donde tenían la figura de la mano que les servía de memoria, y a este templo llevaban a los muertos y enfermos donde decían que resucitaban y sanaban, llamaban le kb-ul que significa mano obradora donde ofrecían grandes presentes y limosnas, a este le hacían romerías de todas partes para

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

ello estaban hechas cuatro calzadas, oriente, poniente, norte y medio día, que corrían por toda esta tierra pasando por Tabasco y Chiapas y Guatemala donde hay señales de ellas en algunas partes.

El imperio azteca, contaba también con vías de comunicación que satisfacen a sus propias necesidades lo que es hoy la ciudad de México, era una ciudad lacustre comunicada a tierra por varias calzadas entre las cuales se ha mencionado como una muy importante la de Tacúba de la que se decía que tenía puentes levadizos para permitir el paso de numerosas embarcaciones en que los aztecas transitaban o comerciaban por el lago. Pero aparte de estas calzadas, de a caso algo mas de una decena de kilómetros, la mayor tenían los aztecas una vastísima red de caminos, de muchos cientos de kilómetros, para el paso de guerreros, mensajeros y mercaderes con puentes colgantes sobre los ríos, o bien canoas para pasar de una orilla a otra en los muy anchos, red indispensable para mantener el control de su extensísimo dominio. Fue por estos caminos tal vez mejorándolos en algunos pasos, que el conquistador Hernán Cortés y su gente penetraron, a pie y a caballo y arrastraron sus cañones y pertrechos, con los que dominarían sangrientas batallas con los aztecas en donde sin los accesos y caminos no hubiese habido el dominio español posterior.

1.1.2 LOS CAMINOS DE LA HISTORIA DE MÉXICO

México no es ninguna excepción y también a transitado por sus Propios caminos, a lo largo de su historia. Si bien es cierto que al inicio de la red caminera habida en el país se vio afectado por circunstancias especiales, de carácter político-social, una vez superadas se ha dedicado con tenacidad aplicando importantes sumas de sus recursos a construir una sub-estructura vial en la cual apoya su desarrollo, añadiendo a lo que originalmente fueron solo caminos troncales, los caminos secundarios y los alimentadores.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica el mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos, no tanto si se quiere por el mero interés que los españoles pudieron haber tenido en el desarrollo del país, si no mas bien como resultado de su especial situación geográfica, del uso económico dado por sus nuevos gobernantes a la nación conquistada y que además traían animales de tiro y carga, aplicaban la rueda a la transportación.

Por otra parte la comunicación del centro de la Nueva España con sus puertos marítimos requería de la construcción de caminos adecuados para enviar a la madre patria los variados y ricos productos del país y para a su vez transportar los que arribaban del extranjero por el Golfo de México y por el Océano Pacífico.

1.1.3 LOS CAMINOS DURANTE LA COLONIA

En los primeros años de la nueva vida del país, se había evidenciado ya la necesidad de mejorar las veredas existentes y los caminos que los españoles habían hecho para recorrerlos a pie y a caballo a fin de que vehículos con ruedas pudieran transitar por ellos.

En efecto halla por 1535 el gallego Sebastián de Aparicio, después fraile y beato residente a la sazón en la ciudad de Puebla se las había ingeniado para construir las primeras carreteras. Las mejoras, modificaciones y construcción de caminos sucedieron unas tras otras. En 1803 se inició la construcción del camino de México apoyado desde el virreinato de Revillagigedo camino que el 1808, dos años antes de que se iniciara nuestra independencia fue terminado por el tribunal del consulado. Son estos algunos de los caminos principales construidos en esa época y que sin duda corrían por donde ahora se encuentran los caminos asfaltados que los sustituyeron. Aparte de esos caminos, se construyeron cientos de brechas o trochas, que sumaban

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

miles de kilómetros, no sobre rutas principales si no en rutas secundarias para responder a necesidades de explotación minera o agrícola o de intercambio comercial. Los había para carreteras y caminos de herradura, variaba de acuerdo con su importancia, se había realizado una evolución desde las veredas abiertas por los aborígenes y las brechas por los colonizadores, hasta los caminos carreteros, evolución obligada por el cambio del medio de transporte de los topiles indígenas que llevaban en sus espaldas el pescado del Golfo de México a la mesa de Moctezuma, y/o diligencias.

El movimiento de Independencia, se inició en 1810 y en los 30 o 40 años posteriores, poco se hizo en materia de caminos concretándose los diferentes regímenes que hubieron a la expedición de una que otra ley relativa a estas vías terrestres, ya que la azarosa situación derivada del movimiento independiente, impedía la materialización de cualquier esfuerzo de orden constructivo que se hubiera intentado.

Los caminos de la república se distribuirán en tres clases. La primera comprenderá las rutas que desde esta capital conduzcan a las de los departamentos y a los puertos de Veracruz y Acapulco. La segunda clase la compondrán los caminos que vayan de una capital de departamento a otra, y de estas a los puertos de mar principales y a las fronteras de las repúblicas vecinas. Por último, la tercera clase la forman las comunicaciones interiores de las capitales con los pueblos o de pueblo a pueblo en cada departamento, o de un departamento con pueblos de otro colindante, los caminos que sólo vayan a las haciendas y ranchos, se consideran privados y en tal calidad no se incluyen en esta clasificación.

Queda evidente que se les reconoce particular significado a las rutas que Humboldt llamó camino a Europa y ruta para Asia. El decreto que se comenta, fijó diez varas de anchura base para los caminos de primera clase, anchura que podría aumentarse a doce o quince en la entrada de las grandes poblaciones. Los caminos de segunda clase, tendrían de ocho a diez varas de anchura y los de tercera, seis varas solamente. Así mismo, se estipuló en el artículo 6 que la pendiente no excedería del

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

seis por ciento en los caminos de primera y segunda clase, ni del ocho por ciento, los de tercera. Estas especificaciones y otras que se fijaron, sobre la curvatura el drenaje y la superficie de rodamiento habrían de tener inestimable valor muchas décadas después cuando se aprovecharon todos los caminos así contruidos y que aún existían para adaptarlos al vehículo automotor.

Los vehículos de aquellas épocas, también influían en los caminos y más aún cuando aquellos proliferaron al operar al amparo de empresas que entonces se establecieron en forma expansiva. Era evidente entonces que los caminos carreteros seguían siendo transitables, como lo demuestra el enorme recorrido, mas bien peregrinaje que hizo Benito Juárez, que cuando aún era Gobernador del Estado de Oaxaca, el sentía ya la importancia de los caminos como se revelan en las palabras que dirigió en 1848 al Congreso del Estado.

El propio licenciado Benito Juárez ya como presidente de la República, convencido de la necesidad de mantener adecuadamente los caminos, creó el 19 de noviembre de 1867 un impuesto dedicado a la conservación de caminos sustituyendo el peaje que se había vuelto impopular. Poco después, el Congreso de la Unión al formular el presupuesto de egresos para 1868 al 69, derogó ese impuesto y dio el primer paso trascendental y firme en la construcción de caminos incluyendo en dicho presupuesto algo más de 1, 200,000,00 para su apertura y conservación. Se ha marcado como un hito en el desarrollo de la red caminera, el año de 1910 y en realidad tiene un significado especial. Fue en ese año cuando se inició la Revolución armada de México, en los años que siguieron, la lucha armada impidió prestar atención alguna a la transformación, que precisamente, en ese momento, se requería en los viejos caminos carreteros para adecuarlos a un nuevo vehículo de transporte, el automotor, que provocaría en pocos años un cambio en la transportación y en los caminos, más radical que el producido en varios siglos precedentes.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

1.1.4 EL RAPIDO CRECIMIENTO DEL AUTOMOVIL

Si bien es cierto que se venía experimentando con el automóvil desde fines del siglo XIX, cuando en 1885-1886 el alemán Gottlieb Daimler desarrolló el motor de combustión interna los franceses compraron los derechos empezando a producir automóviles y como eran pocos podían transitar por los caminos existentes. Sólo hasta 1910 se empezaron a producir automóviles con ciertas seguridades en cuanto a su comportamiento mecánico ideado por Henry Ford que puso su modelo T al alcance del pueblo, lo cual originó a nuevas superficies de rodamiento que sustituirían a las anteriores, generalmente de materiales pétreos naturales, por unas más tersas, de concreto hidráulico o de materiales pétreos aglutinados con productos asfálticos.

1.2 PAVIMENTOS

El pavimento, puede definirse como una capa o conjunto de capas de materiales apropiados comprendidos entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento, uniforme, de color y texturas apropiadas, resistente a el tránsito vehicular a el intemperismo así como brindar seguridad comodidad y economía

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIGURA 1.2.1 CONJUNTO DE CAPAS DEL PAVIMENTO

La estructura o disposición de los elementos que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en la Construcción, deberán ser seleccionados, sometidos a muy diversos tratamientos su superficie de rodamiento apropiada que puede ser una carpeta asfáltica o una losa de concreto hidráulico.

Pavimento flexible o asfáltico. Formado por materiales pétreos y un cementante asfáltico.

Pavimento rígido o hidráulico. Formado por material pétreo y un cemento, con o sin refuerzo formado por losas de concreto que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia las capas inferiores

Ambos pavimentos, en su estructura son iguales cambiando solamente en su superficie de rodamiento, es por esto que a continuación, se describe en los siguientes términos.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La terracería, se define como una capa de soporte y transmisión de esfuerzos ya que sobre esta descansan las demás capas y a su vez, esta en contacto con el terreno natural, al cual transmiten los esfuerzos generados por las cargas de tránsito ya disminuidos, el material con el que se construye esta capa puede ser material local sin demasiadas especificaciones.

1.2.1 LA SUB-BASE

Generalmente, se hace con materiales triturados o disgregados agregándoles un material cementante en proporción definida por el laboratorio de campo, esto es, que los materiales son seleccionados, ya que esta capa tiene como función soportar los esfuerzos transmitidos por la base y disminuir su efecto en la terracería, de tal manera que produzcan deformaciones mínimas y actuar como una capa aislante que impida la ascensión de los finos arcillosos de la terracería, así como abaratar el costo de la construcción ya que se edifica con materiales y especificaciones de calidad menos rigurosa que la base, así como cortar la ascensión capilar del agua a las capas superiores de la estructura del pavimento, actuar en ciertos casos como dren para evitar la saturación de la terracería por el agua que pudiera percolarse, por falta de impermeabilidad de la capa asfáltica .

Para poder cumplir adecuadamente con estas funciones, se deberá cuidar que la sub-base, se construya siempre con materiales homogéneos de la calidad requerida y los espesores que se recomiendan el estudio de laboratorio y de campo debiendo cumplir como mínimo con un 95 por ciento, en su peso volumétrico seco máximo determinado previamente por las pruebas de laboratorio.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

1.2.2 LA BASE

Está constituida por materiales seleccionados y se colocan sobre la sub-base, en ocasiones en la subrasante o terracería y cuya función es la de soportar las cargas impuestas por los vehículos de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales. Estas condiciones se satisfacen al igual que la capa anterior.

- Una cuidadosa selección de los materiales empleados.
- Un tratamiento adecuado de ellos desde que son extraídos de los bancos hasta que son compactados en la carretera
- Un diseño en especial del espesor de la carpeta en función, así como de las capas de acuerdo a las características y frecuencia de las cargas que va a soportar el pavimento.

En la ingeniería de detalle de una planta industrial se encuentra el diseño de pavimentos rígidos, cuyo volumen de obra llega a superar incluso a toda la obra de concreto correspondiente a cimentaciones de equipos y edificios, por lo que el procedimiento cubre aspectos tanto técnicos como administrativos tendientes a cumplir con este propósito.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



PREPARACION DEL TERRENO FIGURA 1.2.2.1

La pavimentación es también una actividad interdisciplinaria realizada por un grupo de especialistas, los cuales requieren para la ejecución de su trabajo, información proveniente, de otros especialistas.

El diseño de un pavimento urbano o carretero, consiste básicamente en determinar su espesor total, base sub-base y carpeta, para responder con seguridad a las acciones extremas proveniente, de los vehículos que circulan por, él. Este sistema se lleva acabo bajo consideraciones dinámicas para un cierto período de vida útil y es en ese sentido en donde un pavimento de una planta industrial difiere notablemente pues tiene varias funciones, dependiendo en la fase en que ésta se encuentra.

Las áreas en las cuales existen estos pavimentos, son en áreas de proceso, patio de maniobras, vías de acceso y circulación de plantas industriales. Cabe señalar que por norma está establecido que los pavimentos deben ser de concreto rígido por seguridad, ya que a diferencia de los pavimentos flexibles, éstos si resisten

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

altas temperaturas y no presentan desgaste ante los hidrocarburos y no se inflaman con el calor.

Existen casos donde los caminos de acceso a la planta son de pavimentos flexibles, pero no representan peligro en caso de incendios, en su gran mayoría, todos los pavimentos que se encuentran dentro de las instalaciones petroleras, son de concreto y este trabajo solo abarca instalaciones petroleras de tierra, ya que las instalaciones mar adentro, son constituidas, casi en su totalidad de acero.

Un pavimento se puede definir, como la superestructura de una obra vial que hace posible el tránsito de vehículos en forma cómoda, segura y económica. Los pavimentos están constituidos, por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales y de varios centímetros de espesor de diferentes materiales, adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas, se apoyan en la capa subrasante, constituida ya sea por el terreno natural o por material seleccionado.



SUPERFICIE DE RODAMIENTO TERMINADA FIGURA 1.2.2.2

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Soportan las cargas del tránsito durante un período de varios años sin un deterioro que afecte la seguridad del transeúnte, o la propia integridad del pavimento. Necesariamente, el comportamiento del conjunto estará regido por las características de cada una de las partes componentes así como su interacción. El pavimento, considerado como un sistema se caracteriza por las propiedades, espesores y disposición de los materiales, de igual forma involucra la calidad de la construcción, en la cual tienen gran importancia las especificaciones, la supervisión de la obra y el control de calidad que se ejerza.

1.2.3 SUS FUNCIONES

Proporciona una superficie de rodamiento expedita, segura, cómoda y con características permanentes bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo de un periodo de tiempo, denominado vida de diseño o ciclo de vida, durante el cual sólo deben ser necesarias algunas acciones esporádicas de conservación, locales o de poca magnitud e importancia, sobre todo en costo.

Resistir los requerimientos físicos del tránsito, previstos durante la vida útil de diseño y distribuir las presiones verticales ejercidas por las cargas, de forma que a la capa subrasante, sólo llegue una pequeña fracción de aquellas, compatible con su capacidad de soporte. Las deformaciones recuperables que se produzcan tanto en la capa sub-rasante como en las especificaciones, la supervisión y el control de calidad, deben actuar conjuntamente y en la misma dirección para alcanzar un objetivo común, que es el cumplimiento de los atributos antes mencionados.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

1.2.4 LOS TIPOS DE FALLAS

Los pavimentos, son como un sistema estructural en el que intervienen muchas variables y cuya respuesta final a la acción de tales variables, consiste en la falla del propio sistema.

Ha resultado difícil precisar el momento de falla de un pavimento, en muchos casos es materia de opinión, de acuerdo al tipo, extensión y severidad de los daños que exhiba el pavimento y a la exigencia del observador mismo. En realidad, a los daños que se van generando a lo largo de la vida útil sobre un pavimento no son sino avisos de que la estructura puede fallar si no se les atiende.

Dentro de los pavimentos, se pueden distinguir principalmente dos tipos o modos de falla y una de ellas es la falla estructural. Implica el colapso de la estructura por la acumulación de deformaciones permanentes excesivas falla plástica o por deformaciones elásticas intolerables en el caso del pavimento asfáltico, o bien por la rotura de una o más de las capas que componen al pavimento de concreto, de tal manera que la estructura es incapaz de seguir soportando las cargas impuestas por el tránsito de los vehículos.

La falla funcional, que puede o no ir acompañada de una falla estructural, consiste esencialmente de la capacidad del pavimento de seguir cumpliendo con las funciones para la que fue proyectado, involucra los aspectos de seguridad y de comodidad la superficie de rodamiento que debe proporcionar a los vehículos, presentando grietas longitudinales y transversales, baches, agujeros, roderas, erosión de pavimento, vegetación invadiendo el pavimento, efecto del bombeo, etc.

Al considerar los deterioros producidos por los efectos de clima, los materiales y el tránsito se encuentra lo siguiente.

-la inestabilidad volumétrica de los suelos finos arcillosos es generada por las variaciones cíclicas de humedad como las fuertes lluvias o evaporación, motivada por los grandes cambios estacionales de temperatura de la región.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

-la consolidación irregular está íntimamente ligada a la heterogeneidad relativa al espesor, compacidad y a la humedad inicial de las capas, cuando se infiltra el agua por las fisuras o se tiene un subdrenaje insuficiente, se produce el reblandecimiento de los materiales subyacentes, con o sin pérdida de finos, lo cual da lugar al bombeo y la consiguiente ruptura progresiva de las capas rigidizadas superiores.

-la incapacidad estructural del pavimento está relacionada con la insuficiencia en los espesores y en las rigideces relativas de las capas, lo cual, da igual al fenómeno de fatiga por la repetición de las cargas del tránsito, sobre todo cuando son de gran intensidad.

-los movimientos diferenciales exagerados son motivados por los cambios de rigidez en estructuras u obras inducidas.

-el escurrimiento de las carpetas asfálticas normalmente se debe al exceso de asfalto o a la falta de liga, entre capas.

1.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Son aquellos que aún teniendo la suficiente estabilidad para soportar las cargas conservando la uniformidad de su superficie, son capaces de aceptar pequeñas o medianas deformaciones demandadas ya sea por asentamientos diferenciales en las capas inferiores de suelo sobre las que se apoyan cambios sustanciales de temperatura o alguna otra causa, sin llegar a la ruptura.

Están constituidos normalmente por una carpeta, estructurada por agregados pétreos aglutinados con un producto asfáltico, una base, sub-base y en la mayoría de casos de una sub-rasante. Las capas subyacentes a la carpeta, se constituyen empleando agregados pétreos, debidamente procesados, de calidad adecuada y densificados por medios mecánicos de compactación. En muchos proyectos conviene emplear en estas capas aditivos o cementantes para mejorar sus

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

características. A alta temperatura, en climas cálidos o bajo cargas sostenidas el cemento asfáltico se comporta como un líquido viscoso tendiendo a deformarse.

A bajas temperaturas, en climas fríos o bajo cargas aplicadas repetidamente el cemento asfáltico se comporta como un sólido elástico y al aplicarle una carga, se deforma y cuando cesa la fuerza recupera su forma original si se rebasa el límite elástico del material, éste se fractura.

A temperaturas templadas el cemento asfáltico presenta características visco elásticas y su comportamiento depende de la temperatura y tiempo de carga. Envejecimiento, debido a su composición de moléculas orgánicas el asfalto reacciona con el oxígeno ambiental.

El asfalto, es un material termoplástico que es sensitivo a la temperatura, tiende a ser duro y quebradizo a bajas temperaturas, mientras que a altas es blando y tiende a fluir. Cuando es mezclado con polímeros este rango de temperatura se amplía dentro de los aditivos con los cuales se mejoran los polímeros, azufres, elastómeros, coques, hules, látex, negro de humo, cal hidratada, etc.

Donde la superficie de rodamiento, es proporcionada por una carpeta asfáltica y la distribución de cargas de los vehículos se hace hasta las capas inferiores por medio de características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores, sin que se fracture su estructura. Las capas que forman un pavimento flexible son: la carpeta asfáltica, base y sub-base, las cuales se construyen sobre la capa sub-rasante.

Es evidente que la superficie terrestre no ofrece jamás las condiciones de rodamiento que exigen los modernos medios de transporte. A medida que los vehículos evolucionaron en peso, velocidad, comodidad, autonomía y tamaño, se fue creando la necesidad de proporcionarles una pista de circulación con unas condiciones de

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

curvatura, pendiente, visibilidad, sección trasversal, uniformidad, textura, más adecuadas a su desplazamiento.

Obviamente la superficie de las terracerías debería ofrecer condiciones de rodamiento apropiadas y confortables al volumen creciente de vehículos, cada vez mas rápidos y pesados. Por razones económicas que saltan a la vista, en la construcción de las terracerías se impone el empleo de los materiales inmediatos a ellas, esto llevo desde un principio al uso de suelos y fragmentos de roca, la superficie de rodamiento obtenidas directamente como remate de las terracerías formadas solo por materiales naturales pétreos, que solo resuelven los problemas derivados de los problemas del tránsito moderno si este es muy pequeño aún seleccionado los materiales o los fragmentos de roca mas apropiados, y aún tratándolos mecánicamente no se logrará una superficie de rodamiento adecuado cuando el volumen de transito de circulantes sea ya de regular intensidad los materiales naturales utilizados como algunos que pueden proporcionar condiciones adecuadas de operación durante un cierto tiempo no se ha logrado hasta hoy dar tales condiciones, la debida permanencia cuando los volúmenes de tránsito excedan de los mínimos a considerar, los cuales, abundan bastante en muchos países de desarrollo industrial aún limitado.

1.4 PAVIMENTO RIGIDO

Es aquel cuya elemento fundamental resistente esta formado por losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia las capas inferiores, por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan en forma conjunta con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no puede plegarse a deformaciones en las capas inferiores sin que se presente la falla estructural.

Aunque en teoría, las losas de concreto hidráulico pudieran colocarse en forma directa sobre la capa sub-rasante, es necesaria la construcción de una capa de sub-base para

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

evitar que los finos sean bombeados a la superficie de rodamiento al paso de los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa, la sección transversal de un pavimento rígido está formado por la losa de concreto hidráulico y la sub-base que se construyen sobre la capa sub-rasante.

1.5 GEOSINTETICOS

Productos fabricados a partir de polímeros que son empleados en obras de Ingeniería Civil para cumplir funciones de anticontaminación, redistribución de esfuerzos de tierra, filtración, drenaje, control de la permeabilidad y otras funciones. Los principales miembros de esta familia son los geotextiles, las geomembranas, las georedes, y muchos otros denominados geocompuestos.

1.6 GEOTEXTILES

Los geotextiles, son telas sintéticas elásticas, permeables y resistentes que utilizadas en combinación con la cimentación, suelo, roca, tierra o cualquier otro material geotécnico forman parte de un proyecto, estructura o sistema realizado por el hombre. Se componen de un grupo de polímeros denominados plásticos, que son moléculas gigantes obtenidas sintéticamente a partir de la industria y derivados de la industria petroquímica indicada en su proceso.

Para la fabricación de geotextiles, se emplean cuatro tipos de plásticos el polipropileno, el poliéster, el nylon y el polietileno. El primero representa un 65 por ciento del consumo mientras que el segundo representa el 32 % estos plásticos deben transformarse primero en filamentos para posteriormente por un proceso textil formar telas de diferentes características. Así, el plástico obtenido por polimerización con apariencia de polvo se mezcla con algunos agentes que mejoran su procesabilidad y

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

otros, que de alguna manera modifican sus propiedades finales y se granula sometiéndose posteriormente en un proceso de extrusión.

Consiste en hacer pasar los granulas de plástico por un barril o cañón metálico en cuyo interior gira un tornillo sin fin, el cual, mezcla y funde el material transportando de un extremo al otro del cañón. La masa fundida se somete a temperaturas gradualmente mayores mediante resistencias eléctricas.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CAPITULO II MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y SUS TRATAMIENTOS

2.1 TRATAMIENTOS DE LOS MATERIALES

En la construcción de un camino, generalmente se usan materiales pétreos, estos son seleccionados y clasificados para tener un adecuado control de calidad.

Los principales materiales son. Terreno natural, granito, tepetate, caliches, dioritas, basaltos, rocas sedimentarias, gravas y arena, teniendo especial cuidado en la selección de los materiales a partir de la capa sub.-base y primordialmente en la base exigiendo una mayor calidad en sus propiedades de resistencia al choque y al desgaste, tenacidad y compacidad.

Por su forma de presentarse los materiales en la naturaleza y en relación con los trabajos previos de su uso, estos, se dividen en, materiales que no requieren trituración, materiales triturados, materiales lavados.

2.1.1 MATERIALES QUE NO REQUIEREN TRITURACIÓN.

1.-Material poco o nada cohesivo, que al extraerse queda suelto y no contenga más del cinco por ciento de partículas mayores de 6.4 mm. Un cuarto de pulgada tales como arenas, limos y otras.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 2.1.1.1 TENDIDO DE ARENA DE TEZONTLE PARA FORMAR SUB-BASE

2.-Material cohesivo que al extraerlo, resulte con terrones pero que al disgregarse quede en tamaños menores de 6.3 mm. Un cuarto tales como las arcillas, cementantes, tepetates y caliches blandos.

3.-material poco o nada cohesivo al extraerlo queda suelto y no contenga mas del 5 por ciento, de partículas mayores de 51 mm .2 pulg.

4.-material cohesivo, en su extracción resulta con terrones pero se disgrega con el peso del equipo mecánico y una vez disgregado no se contenga más del 5 por ciento de partículas mayores de 51 mm. 2 pulg. Tales como, tepetate, caliches, areniscas, blandas, conglomerados, englomerados, roca desintegrada los materiales del grupo a.1, se pueden presentar en playones y banco en los cuales no es necesario el uso de los explosivos para su extracción.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 2.1.1.2 TENDIDO DE MATERIAL (TEPETATE)

Los materiales tipo a 2, se presentan en bancos de mayor a menor dureza en su explotación de acuerdo con sus propiedades cohesivas que tengan, pueden extraerse de forma manual.

Los materiales tipo a 3 corresponden a la denominación de las gravas en las que se requiere que el tamaño sea de 2 pulg. Y no contenga más del 5 por ciento de tamaños mayores de 2 pulg. Estos materiales pueden presentarse en playones de ríos, arroyos, así como depósitos naturales, pueden ser extraídos por cualquier medio ya sea manual o mecánico, usando palas, dragas de arrastre, almejas y tractores.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 2.1.1.3 EXTRACCION DE MATERIAL DE BANCO DE MATERIAL

Los materiales del grupo a 4 éstos, corresponden a materiales duros, caliches, conglomerados y rocas desintegradas, siempre se presentan en bancos y pueden ser atacados salvo el caso de que su dureza amerite triturarlos, barrenado y cargado con pala pero en términos generales para caer dentro de esta clasificación deberán ser atacados con arados y extraídos con buldózer y angle lozer para ser cargados con tolvas con chorreadores para que el peso de este equipo disgregue el material en el banco y pueda ser acarreado al camino sin tener más del 5 por ciento, de tamaños mayores de 2 pulg. Debe abstenerse en lo absoluto del uso de palas para la carga de este materia impuesto que este equipo por su forma de ataque carga cualquier tamaño de material que quepa en el bote.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 2.1.1.4 EXCAVACION EN ROCA CON MEDIOS MECANICOS

2.1.2 MATERIAL QUE REQUIERE CRIBADO.

Cuando algunos de los materiales que forman los grupos que acabamos de ver tienen un porcentaje de material máximo del permitido entre el 5 y 20 por ciento o un exceso de materiales finos más del 5 por ciento permitido, se recurre al cribado de los mismos, los límites de los tamaños mayores, se han fijado para nuestro país por la experiencia obtenida al separar a mano los excedentes del 5 por ciento de tamaños mayores, en el que con dicho porcentaje se igualan sensiblemente los costos de la separación manual, con la que se igualen sensiblemente los costos de separación manual con la mecánica.

Los límites de los tamaños finos en exceso, causan graves trastornos. El cribado puede hacerse por 1, 2 o varias mallas, según las condiciones granulométricas se presentan los materiales o en uso al cual se vaya a destinar.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 2.1.2.1 SEPARACION MANUAL DE SÓLIDOS DE TAMAÑOS MAYORES.

1.- Materiales poco o nada cohesivos extraídos en seco húmedos o con agua que requieren cribado por 1, 2 o más mallas.

2.- Materiales cohesivos, areniscas suaves, clongomerados caliches de roca desintegrada, que al extraerse, resulten con terrones que pueden disgregarse y necesiten cribado por 1, 2, o mas mallas.

Por una malla cuando el tamaño mayor a dos pulg. Sea entre el 5 por ciento y el 20 por ciento, y cuando el porcentaje de los tamaños finos sea mayor el 5 por ciento máximo permitido. Estos casos, son muy comunes ya que por lo general, las condiciones naturales no llenan las características necesarias para ser usadas en las bases o es depende los tamaños de las partículas, del régimen de las corrientes pluviales pues con aguas broncas los tamaños son grandes y con aguas mansas, los tamaños son pequeños ya que se erosionan de manera diferente.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 2.1.2.2 CRIBADO DE MATERIAL

Por dos mallas. Generalmente, este caso se presenta en sus extremos o sea, sobrantes de materiales gruesos y finos, al aprovechar los intermedios comúnmente el exceso de los finos se produce al contaminarse el material con limo y tierra vegetal que se depositan en los playones por cambio de pendiente hidráulica o de dirección de las corrientes, los cuales, hay que separarlos para que el material aprovechable este dentro de las especificaciones.

Por tres mallas o más. Este caso, es poco común en el uso de los materiales para bases, En general, es frecuente cuando se trata de usar materiales cribados para pavimentación ya sea por el sistema de riegos superficiales o para ajustar curvas granulométricas en el diseño de mezclas, sin embargo, puede presentarse el uso de bases, cuando exceden algunos tamaños intermedios del máximo permitido, pero son casos esporádicos.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Estos materiales, se atacan en su extracción por cualquier método de construcción, sea manual o mecánico, por la importancia fundamental que consiste en el cribado, que por el volumen de material que hay que extraer para ser usados en bases, requiere de un equipo mecánico adecuado para obtener el rendimiento necesario, estos equipos pueden ser con cribas rotatorias circulares o mallas vibratorias planas. Como en todas las pruebas que se efectúan en los laboratorios se usan juegos de mallas de abertura cuadrada y las cribas rotatorias usan agujeros redondos, hay que tener presente las correcciones que se efectuaran al usarse este tipo de equipo.

2.1.3 MATERIALES QUE REQUIEREN TRITURACIÓN

Materiales que requieren trituración parcial.

Materiales que requieren trituración total.

Materiales que requieren de trituración parcial son materiales poco o nada cohesivos con mezcla de grava arenas y limos que al extraerse han quedado sueltos pero que contiene mas de 25 por ciento de partículas de tamaño mayor que el especificado de dos pulgadas, para materiales del grupo b.1 y que por lo tanto es mas económico el triturado que el desperdiciado, al ser triturado este material. Por la malla de ½ pulgadas para obtener el tamaño máximo de esta dimensión material cohesivo de caliche, roca alterada, conglomerados, etc. Que al extraerlo se pudo disgregar con el peso de el equipo mecánico pero contiene más de 25 por ciento de material de 2 pulgadas y que por lo tanto, conviene económicamente triturarlo al tamaño máximo de 1 ½ pulgada.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Estos dos grupos de materiales, se deberán pasar totalmente por la trituradora ya que efectuara el trabajo de la trituración parcial, para ajustarse a especificaciones granulométricas.

Materiales que requieren trituración total.

Piedra extraída de mantos de roca de calidad adecuada y que necesiten reducirse sus tamaños máximos a 1 ½ pulgadas

Piedra pepenada de calidad apropiada que se encuentra suelta y que necesita reducir su tamaño máximo a 1 ½ de pulgada



FIG. 2.1.3.1 MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION EN MANTOS ROCOSOS.

Piedra suelta, que se encuentra en depósitos de calidad apropiada y que necesite reducir sus tamaños máximos a 1 ½. De pulgada.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Los materiales del grupo C-3 deberán ser atacados con explosivos, para fragmentarlos, dependiendo de la compacidad de la roca y planos de exfoliación. La profundidad y la separación de los barrenos así como la carga de los mismos para poder obtener en su totalidad el material producto de la explosión en los tamaños adecuados para ser cargados directamente a las trituradoras sin necesidad de barreo o meneo de piedras grandes.

Este aspecto es muy importante, por que en un banco de piedra bien tronado, se aprovecha la fragmentación inicial de los explosivos, para rededucir los costos obtenidos por el equipo de trituración si este aspecto se descuida, puede inclusive elevar los costos de tal forma que resulta anti económico al ejecutar la trituración del material.

Una vez tronado el material del banco, puede ser cargado por cualquier medio y equipo de transporte, para llevarlo a la boca de la trituradora.

Los materiales del grupo c-4 como su nombre lo indica, son producto de la recolección de las rocas que se encuentran sueltas y de tamaños mas o menos pequeños que permitan fácilmente ser cargados y movidos por hombres que no ameriten ejecutar un trabajo extra para ajustarlas a tamaños máximos de admisión de las trituraciones.

Los materiales del grupo c-5 se refiere a la roca suelta en tamaños mas o menos apropiados para ser usados y que se encuentran en los depósitos los cuales pueden ser escorias de fundición o desperdicios de los cortes de las carreteras se considera que en el primer caso se necesita ejecutar trabajos de extracción y carga. En el segundo, carga y algo de trabajo de marreo para reducir algunas rocas o a los tamaños máximos admisibles por el equipo de trituración.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

2.1.4 MATERIALES QUE REQUIEREN LAVADO.

Son los materiales poco o nada cohesivos, correspondientes al grupo a-3, y en ocasiones al grupo b-1 y que requieren de lavado para eliminar materia orgánica exceso de arcilla y materiales extraños al pétreo.

En términos generales se deberá reducir el procedimiento de lavado cuando materialmente sea imposible localizar bancos que sean económicos por sus acarreos. Este procedimiento, es más aplicable a los productos pétreos de pavimentación que a las bases.

En los casos de extracción de materiales que se usan para bases, hay que ejecutar algunos trabajos previos a la explotación de los mismos, pues generalmente se encuentran cubiertos con vegetación o materiales inadecuados, se deben retirar para descubrir el material aprovechable, y a éste trabajo, se le denomina **desmonte o despalme** respectivamente.

2.2 MATERIALES PÉTREOS

Son los materiales naturales, o éstos adaptados por el hombre, que sirven como base para elaborar elementos componentes de una obra civil o arquitectónica.

2.2.1 ROCAS IGNEAS

Formadas por solidificación de materiales fundidos, provienen de magma, erupciones, intrusivas, solidificaron dentro de la superficie, solidificación lenta, ejemplo granito. Extrusivas, solidificaron en la superficie (fueron arrojadas),

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

solidificación rápida, son de grano fino, ejemplo: Basalto (piedra braza), tezontle, piedra pómez, cenizas volcánicas.

2.2.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

Formadas por sedimentos, transformación de rocas eruptivas ya sea por medios mecánicos o químicos. Medios mecánicos; transporte por medio de viento, hielo, lluvia, ríos, van produciendo sedimentos, ejemplo: tepetate, gravas, arenas naturales, arcilla. Medios químicos; producto de evaporación de lagos salados, ejemplo: yeso, piedra caliza.

2.2.3 ROCAS METAMORFICAS

Producto de la transformación de rocas volcánicas o sedimentarias alteradas en su composición mineral o en su estructura, o en ambas, por recristalización bajo la influencia de altas presiones, altas temperaturas y fluidos calientes dentro de la tierra, ejemplo: el mármol que se formo de la caliza metamorfoseada. Todas las rocas, están formadas por minerales como cuarzo, clorita, micas, arcillas, etc. los minerales, están formados por elementos químicos, como oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio, etc.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

2.3 PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS ASFÁLTICAS.

2.3.1 PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.

La obtención del peso volumétrico seco de los materiales pétreos para carpetas asfálticas tiene por objeto hacer conversiones de pesos de material, a volúmenes. La prueba se ejecuta, de la siguiente manera:

Se toma por cuartetos una cantidad determinada de la muestra representativa que se pretende ensayar, y se seca y disgrega para luego llenar un recipiente de volumen conocido dejando caer el material desde una altura de unos 20 cm. Sin apretar dicho material en el recipiente y sin mover éste para evitar que el material se acomode por los movimientos del recipiente. Hecho lo anterior el material se enrasa dentro del molde y se pesa. A este peso, se le resta el peso del recipiente y se divide entre el volumen del mismo, obteniéndose así, el peso volumétrico seco y suelto de material pétreo.

2.3.2 CONTENIDO DE AGUA

Esta prueba, permite determinar el contenido de agua en los materiales para tercerías, con el fin de obtener una idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento. La prueba, consiste en secar una muestra en el horno y determinar el porcentaje de la masa del agua con relación a la masa de los sólidos. Es recomendable que al tomar la muestra en campo, se determine inmediatamente la masa del material húmedo. Como primer paso para realizar la prueba es obtener la masa del recipiente perfectamente limpio y seco y se anota como W_t en gramos, se coloca la porción de la muestra húmeda en el recipiente, e inmediatamente después se determina la masa del conjunto y se registra como

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

W_1 en gramos, posteriormente se introduce la muestra en el horno para mantenerla a una temperatura de $105 \pm 5^\circ \text{C}$, hasta obtener masa constante, lo cual ocurre en un lapso aproximadamente de 16 h. en caso de materiales que contengan materia orgánica, o minerales como el yeso que contiene agua en su composición la temperatura no será mayor a 60°C . Una vez seca la muestra se saca del horno y se deja enfriar a la temperatura ambiente, se obtiene la masa en su recipiente original, y se anota como W_2 en gramos.

Se calcula y reporta como eml contenido de agua, el resultado obtenido mediante, la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

ω = Contenido de agua, (%)

W_1 = Masa de la muestra húmeda mas la masa del recipiente, (g)

W_2 = Masa de la muestra seca mas la masa del recipiente, (g)

W_t = Masa del recipiente (g)

W_w = Masa del agua, (g)

W_s = Masa de los sólidos (g)

2.3.3 GRANULOMETRÍA

Es una prueba definitiva para juzgar la calidad de un material, de acuerdo con el fin al que se va a destinar. La prueba, consiste en el conocimiento de los porcentajes en peso de las partículas de diferentes tamaños que componen un material. La determinación de la composición granulométrica de un material pétreo

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

que se pretenda emplear en la elaboración de carpetas asfálticas, es de primordial importancia porque en función de ellas, se puede conocer de antemano qué clase de textura tendrá la carpeta. La prueba granulométrica, se ejecuta de la siguiente manera:

Se pesa una determinada cantidad de material obtenida por cuartetos de la muestra representativa y se pasa por las mallas de 1" (25.40 mm), $\frac{3}{4}$ " (19.05 mm), $\frac{1}{2}$ " (12.70 mm), $\frac{3}{8}$ " (9.52 mm), $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm), #4 (4.76 mm), #10 (2.00 mm), #20 (0.840 mm), #40 (0.420 mm), #60 (0.250 mm), #100 (0.149 mm) y # 200 (0.074 mm), anotándose los retenidos en cada malla. Se calcula el retenido parcial con respecto a la muestra ensayada. Después, se calculan los porcentajes acumulativos y luego los porcentajes. Con estos últimos, se dibuja la curva granulométrica del material empleando un eje de coordenadas y anotando en el eje de las ordenadas y anotando en el eje de las ordenadas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas. Observando en qué zona de granulometría cae el material ensayado, según lo mostrado por las especificaciones, se puede decir se el material está bien o mal graduado y qué textura tendrá la carpeta que se elabore con dicho material

2.3.4 DENSIDAD Y ABSORCIÓN

Para ejecutar las pruebas de densidad y absorción de los materiales pétreos que se emplearán en la elaboración de carpetas asfálticas, se toma material del retenido en la malla de $\frac{3}{8}$ " y se pone a saturar durante 24 horas, después de lo cual, se extrae el material del agua y se seca superficialmente con un lienzo absorbente e inmediatamente, se pesa, (P_h).

En esas condiciones, se sumerge el material en el picnómetro con agua y se observa qué cantidad de ella desaloja, anotándose dicho volumen de agua como V. Se extrae el material, y se pone a secar en un horno durante 12 horas a

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

temperatura de 100 a 110°C. Después de ello, se saca el material del horno, se deja enfriar y se pesa obteniéndose el peso seco, P_s . Con estos datos, se obtiene la densidad y la absorción del material así:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{P_s}{V}$$

$$\% \text{ de absorción} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Los resultados obtenidos se comparan con las especificaciones correspondientes.

2.3.5 DESGASTE

Esta prueba tiene por objeto conocer la calidad del material pétreo desde el punto de vista de su desgaste ya sea por el grado de alteración del agregado, por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste. Cuando se trata de analizar el desgaste de piedras en trozos se emplea la máquina *Deval*, pero cuando se trata de agregados se emplea la máquina *Los Ángeles* denominándose al resultado *Desgaste los Ángeles*. La prueba se ejecuta de la manera siguiente: La muestra a ensayar se lava para eliminar el polvo que tenga adherido y luego se seca a peso constante en un horno y después se criba a través de las mallas 3", 2-1/2", 1-1/2", 1", 3/4", #3, #4, #8 y #12 para conocer su graduación. Luego, se emplea una cantidad determinada de cada tamaño para ejecutar la prueba, así como el peso en kg. De la carga abrasiva y el número de revoluciones que deberá darse a la máquina. La muestra seleccionada se pesa (P_1), se coloca junto con las esferas en la máquina y ella se hace girar hasta completar las revoluciones especificadas. Se saca la muestra de la máquina y se lava a través de la malla

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

#12 secando el retenido de ésta en un horno y se pesa (P_2). La pérdida por desgaste será:

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

La maquina de los ángeles, esta constituida por un cilindro de acero hueco y cerrado en ambos extremos, con diámetro interior de 710 ± 5 mm y largo de 510 ± 5 mm, montado sobre dos soportes ubicados al centro de sus caras paralelas, que la permita girar sobre su eje de simetría en posición horizontal, con una velocidad angular de 30 a 35 rpm. El cilindro tendrá una abertura que permita introducir la muestra de prueba y las esferas metálicas, las cuales son una carga abrasiva de hierro fundido o acero, con diámetro promedio de 47 mm y una masa de entre 390 y 445 g cada una, con una tapa de cierre hermético diseñada con la misma curvatura del cilindro para que la superficie interior del mismo sea continua y uniforme, además tendrá en su interior una placa de acero removible de 2.5 cm. (1´) de espesor, que se proyecte radialmente 8.9 cm. (3 1/2´) en toda la longitud del cilindro, y tendrá con un dispositivo para contar el numero de revoluciones que de el cilindro.

2.3.6 LIMITES DE CONSISTENCIA

Gracias a esta prueba, podemos conocer las características de plasticidad de la porción de los materiales para tercería que pasan por la malla N° 40 (0.425 mm). Los resultados, se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos. Las pruebas consisten en determinar el limite liquido es decir el contenido de agua para el cual un suelo plástico adquiere una resistencia al corte de 2.45 kPa (25g/cm^2); éste se considera como la frontera entre los

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

estados semilíquido y plástico. El límite plástico o el contenido de agua para el cual un rollito se rompe en tres partes al alcanzar un diámetro de 3 mm. Este se considera como los límites entre los estados plástico y semisólido. El índice plástico se calcula como la diferencia entre límite líquido y plástico.

2.3.7 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO w_l

Para realizar esta prueba, es necesario la copa de casagrande, balanza, horno, desecador, vaso o recipiente, capsula de porcelana, espátula cuenta gotas, vidrio de reloj y paño. Se toma una porción de aproximadamente 150 g. del material preparado, que se coloca en la capsula de porcelana, donde se homogeniza utilizando la espátula. En la copa de casagrande previamente calibrada, se coloca una cantidad suficiente de material, para que una vez extendido con la espátula, se alcance un espesor de 8 a 10 mm. En la parte central de la copa considerando, lo siguiente:

Para evitar que el material colocado dentro de la copa sea insuficiente, es conveniente poner una cantidad ligeramente mayor y eliminar el sobrante enrasándolo con la espátula. Para extender el material se procede del centro hacia los lados sin aplicar una presión excesiva y con el mínimo de pasadas con la espátula. Mediante una pasada firme del rasurado se hace una abertura en la parte central del material contenido en la copa, para lo cual, este se mantendrá siempre normal a la superficie interior de la copa, colocado y ranurado el material, se acciona la manivela del aparato, para hacer caer la copa a razón de dos golpes por segundo, registrando el número de golpes necesarios para lograr que los bordes inferiores de la ranura se pongan en contacto en una longitud de 13 mm.

Logrado lo anterior, se toma con la espátula aproximadamente 10 g de material de la porción cerrada de la ranura y, para determinar su contenido de

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

agua w_n de acuerdo con el procedimiento indicado en la prueba de contenido de agua, se coloca en un vidrio de reloj del que previamente se determina su masa.

Una vez que se toma la porción requerida para la determinación del contenido de agua el material restante se reintegra a la capsula de mezclado, para lavar y secar la copa y el ranurador. Inmediatamente con el cuentagotas se agrega agua al material en la capsula y se homogeniza con la espátula. Dicho material, es nuevamente colocado en la copa de casagrande repitiendo la operación hasta completar cuatro determinaciones que se registran en el siguiente formato. La cantidad de agua que se adiciona al material sera tal que las cuatro determinaciones, queden comprendidas entre 10 y 35 golpes en la copa de casagrande, siendo necesario obtener dos valores por arriba y dos por debajo de los 25 golpes, ya que para consistencias menores de 10 golpes es difícil identificar el momento de cierre de la ranura en la longitud especificada, y para mas de 35 golpes se dificulta la ejecución de la prueba.

Se grafican los puntos correspondientes a cada determinación, representando el eje de las abscisas en escala logarítmica, el numero de golpes n y en el lado de las ordenadas en escala aritmética, los respectivos contenidos de agua w_n . Se traza una línea recta que una aproximadamente los puntos graficados, a esta recta se le llama curva de fluidez.

De la grafica se obtiene el valor del limite liquido (w_l), determinado en la curva de fluidez el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

Es importante tener ciertas precauciones para evitar errores durante su ejecución, entre ellas es verificar que la prueba se realice en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que puedan provocar la alteración del material. De igual forma es necesario verificar que todo el equipo este perfectamente limpio y funcional,

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

especialmente la copa y el ranurador deberán estar limpios calibrados y sin ningún indicio de desgaste.

2.3.8 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO ω_p

Para la correcta ejecución de esta prueba, necesitamos cierto equipo y materiales, como la balanza, horno, desecador, cápsula de porcelana, espátula, vidrios de reloj, placas de vidrio y alambre de acero.

De la muestra del material se toma una porción de tamaño tal que se pueda formar una pequeña esfera de aproximadamente 12 mm de diámetro, la cual se moldea con los dedos para que pierda agua y se manipula sobre la palma de la mano para formar un cilindro. Una vez formado el cilindro, se hace girar con los dedos sobre la placa de vidrio para reducir su diámetro hasta que sea aproximadamente de 3 mm en toda su longitud, la velocidad de giro será de 60 a 80 ciclos por minuto, entendiéndose por ciclo un movimiento de mano hacia delante y hacia atrás, si al alcanzar un diámetro de 3 mm el cilindro no se rompe en tres secciones simultáneamente, significa que su contenido de agua es superior al del límite plástico (ω_p). En tal caso se junta nuevamente todo el material para formar la pequeña esfera, manipulándola con las manos para facilitar su pérdida de agua y lograr una distribución uniforme de la misma, repitiendo el procedimiento anterior, hasta que el cilindro se rompa en tres segmentos precisamente en el momento de alcanzar dicho diámetro. Inmediatamente se colocan los fragmentos del cilindro sobre un vidrio de reloj y se determina el contenido de agua de ese material, para mayor seguridad en los resultados, la prueba se efectuará por triplicado, obteniendo para cada una de las determinaciones, el contenido de agua.

Se reporta como resultado de esta prueba, el límite plástico (ω_p) obtenido mediante la siguiente expresión.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

$$\omega_p = \frac{\sum \omega_i}{3}$$

Donde:

ω_p = límite plástico de la muestra, (%) con aproximación a la unidad

ω_i = Contenido de agua para cada una de las tres determinaciones, (%)

Si no es posible formar cilindros de diámetro especificado con ningún contenido de agua, se considera que el material no es plástico y se reporta como NP (no plástico).

2.3.9 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO

Una vez calculado el límite líquido y el límite plástico se determina el índice plástico, mediante la siguiente expresión:

$$IP = \omega_L - \omega_p$$

Donde:

IP = Índice plástico del material (%) , con aproximación a la unidad

ω_L = límite líquido del material (%)

ω_p = límite plástico del material (%)

Cuando el material sea muy arenoso y no pueda determinarse el límite plástico, se reportan el límite plástico y el índice plástico como NP (no plástico).

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

2.3.10 PLASTICIDAD

Es la facilidad de los materiales al cambiar de forma sin cambiar de volumen, pero teniendo una resistencia mínima al esfuerzo cortante de 24 gr./cm². Además, es una propiedad de las arcillas que les permite cambiar su forma sin agrietarse cuando se les sujeta a una presión, reteniendo su nueva forma, cuando desaparece el esfuerzo aplicado.

La plasticidad se considera que se debe a la presencia de una película gelatinosa que cubre a los granos de arcilla.

En algunos casos este material gelatinoso pierde su poder de adquirir agua cuando a sido secado totalmente, de aquí la necesidad de hacer las pruebas de Atterberg en materiales que se han secado parcialmente para tomar por cuarteo la porción de muestra con que se van a ejecutar dichas pruebas.

Estas pruebas tienen por objeto determinar la plasticidad de la porción de material que pasa por la malla 40 y que forma parte de un suelo.

Es necesario también, dejar el material con cierta humedad un tiempo no menor de 24 hrs, a fin de permitir que ponga de manifiesto su plasticidad.

La porción de un suelo que pasa la malla 40 presenta una consistencia plástica para un contenido de humedad comprendido entre dos límites, el líquido y el plástico y su amplitud es medida por el índice plástico.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Límite líquido, si a un suelo fino se le agrega agua en suficiente cantidad puede convertirse en un líquido, es decir, fluye fácilmente bajo el efecto de un pequeño esfuerzo cortante.

Si se permite que el agua se evapore parcialmente, llega un momento en que el suelo empieza a ofrecer una resistencia al esfuerzo cortante y se comporta como un material plástico.

El contenido de agua expresado en por ciento (%) por peso de suelo seco, en este momento, es el límite líquido. Es pues el contenido de agua que divide los estados líquidos y plástico de un suelo.

El límite líquido, ha quedado definido anteriormente y se expresa por la humedad que tiene el suelo, en el estado que separa las consistencias semisólidas y semilíquidas.

En los suelos de características arenosas el límite líquido queda expresado por la humedad que contiene el suelo en el estado que separa las condiciones semisólida y semilíquida. En realidad, existe una zona de transición entre las consistencias, plásticas y semilíquidas y el límite líquido, o sea la separación entre ambas zonas que se ha fijado en forma hasta cierto punto arbitraria.

Un límite líquido alto, se debe a la presencia de partículas finas con una gran superficie total, numerosos huecos capilares, que requieren la presencia de gran cantidad de agua para llenar dichos huecos y formar una película que envuelva a los granos de material. Esta condición tiende a producir una baja estabilidad.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Límite plástico (WP) si se continúan evaporando el agua amansando el suelo (puede ser con las manos), llega un momento en que se vuelve quebradizo y deja de comportarse como un plástico.

El contenido de agua correspondiente se llama "Límite Plástico". El límite plástico es también el contenido de humedad para el cual los suelos con cohesión, pasan del estado semisólido al estado plástico y también el contenido de humedad para el cual el coeficiente de permeabilidad de las arcillas homogéneas se hace prácticamente igual a cero.

Las arenas, no tiene límites plásticos, los limos muy pocas veces los presentan, las arcillas siempre los tienen, habiendo definido anteriormente el límite plástico de los suelos, que sirven para conocer el contenido de humedad para que los suelos con cohesión, pasen del estado semisólido al estado plástico, se procede a decir que la amplitud se los mismos se mide por medio del índice plástico.

2.3.11 EQUIVALENTE DE HUMEDAD DE CAMPO (E.H.C)

Es el contenido de humedad mínimo, para el cual una gota de agua colocada sobre una superficie lisa del suelo, no es absorbida inmediatamente, sino que se extiende sobre ella, da una apariencia lustrosa.

Este contenido de humedad, indica que en el caso de las arenas (suelos no cohesivos), sus poros están totalmente ocupados por agua y en el caso de las arcillas (suelos cohesivos) que éstas, se han vuelto impermeables aunque se presente el fenómeno de la capilaridad; esta característica indica la capacidad de humedad del suelo.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CAPITULO III TERRENO NATURAL Y LAS TERRACERIAS

3.1 TERRACERIAS

Las terracerías pueden definirse como volúmenes de materiales que se extraen o sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre así mismo, la extracción puede hacerse a lo largo de la línea de obra, este volumen de material, podrá utilizarse en la construcción de los terraplenes o de los rellenos,

Se clasifican en la construcción de un camino y generalmente se usan materiales pétreos, estos son cuidadosamente seleccionados y clasificados para tener un buen control de calidad de los mismos.



FIG. 3.1.1 DESPALME EN TERRENO NATURAL

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

3.1.1 PRINCIPALES TIPOS DE SUELO

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas, o sea los suelos inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanecen en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual; en caso contrario, forman un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad, taludes; por agua: aluviales o lacustres; por viento: eólicos; por glaciares: depósitos glaciales).

En cuanto los suelos orgánicos, estos se forman casi siempre “in situ”. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus o de materia no descompuesta, o en su estado de descomposición, es tan alta con relación a la cantidad de suelo inorgánico, que las propiedades que pudieran derivar de la porción mineral quedan eliminadas. Esto es muy común en las zonas pantanosas, en las cuales los restos de vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidos con el nombre genérico de turbas. Se caracterizan por su color negro o café oscuro, por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad y porosidad. La turba, es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón. A continuación, describiremos algunos de los suelos más comunes

GRAVAS

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

redondeadas. Como material suelto, suele encontrarse en los lechos, en las márgenes y en los conos de deyección de los ríos, también en muchas depresiones de terrenos rellenadas por el acarreo de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62 cm (3") hasta 2.0 mm.

La forma de las partículas de las gravas y su relativa frecuencia mineralogítica dependen de la historia de su formación, encontrándose variaciones desde elementos rodados a los poliédricos.

ARENAS

La arena, es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y la existencia de las arenas es análogo a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas, estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos comprensibles que la arcilla y si se aplica una carga de superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

LIMOS

Los limos, son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso, de características

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varia desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos, es muy baja y su comprensibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

ARCILLAS

Se da el nombre de arcilla, a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua.



FIG. 3.1.5.1 CORTE DE CAJA EN MATERIAL ARCILLOSO

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Químicamente, es un silicato de alumina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

En general, las arcillas, son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son comprensibles y al aplicarse una carga en su superficie, se comprimen lentamente. Otra característica interesante, desde el punto de vista de la construcción, es que la resistencia perdida por el remoldeo, se recupera parcialmente con el tiempo, este fenómeno se conoce con el nombre de tixotropía y es de naturaleza físico-química. Se puede decir que un contenido mínimo del 15% de arcilla en un suelo le dará a estelas propiedades de la arcilla. Además de los clásicos, se encuentran en la naturaleza ciertos suelos los cuales les indicamos a continuación:



FIG. 3.1.5.2 CORTE EN MATERIAL ARCILLOSO DESHIDRATADO

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CALICHE

El termino caliche se aplica a ciertos estratos de suelo cuyos granos se encuentran cementados por carbonatos calcáreos. Parece ser que para la formación de los caliches es necesario un clima semiárido. La marga es una arcilla con carbonato de calcio, mas homogénea que el caliche y generalmente muy compacta y de color verdoso.

LOESS

Los loes, son sedimentos eólicos uniformes y cohesivos. Esa cohesión que poseen, es debida a un cementante del tipo calcáreo y cuyo color es generalmente, castaño claro. El diámetro de las partículas de los loess esta comprendido entre 0.01 mm y 0.05 mm. Los loess, se distinguen porque presentan agujeros verticales que han sido dejados por raíces extinguidas. Los loess modificados son aquellos que han perdido sus características debido a procesos geológicos secundarios, tales como inmersión temporaria, erosión y formación de nuevo depósito. Debido al contenido calcáreo los cortes hechos en loess se mantienen generalmente casi verticales. Los loess son colapsables, aunque disminuye dicha tendencia al incrementársele su peso volumétrico.

DIATOMITA

Las diatomitas o tierras diatomáceas son depósitos de polvo silícico, generalmente de color blanco, compuesto total o parcialmente por residuos de diatoméas.

Las diatoméas son algas unicelulares microscópicas de origen marino o de agua dulce, presentando las paredes de sus células características silícicas.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

GUMBO

Es un suelo arcilloso fino, generalmente libre de arena y que parece cera a la vista: es pegajoso, muy plástico y esponjoso. Es un material difícil de trabajar.

TEPETATE

Es una toba volcánica polvos, cenizas o barros eruptivos, de color café claro o café oscuro, que han sufrido un proceso de consolidación, cementándose y sedimentándose, compuesto de arcilla, limo y arena en proporciones variables, con un cementante que puede ser la misma arcilla o el carbonato de calcio. Según sea el componente predominante, el tepetate se suele llamar arcilloso, limoso, arenoso, arcillo-limoso si es que predomina la arcilla, areno-limoso si predomina la arena, limo-arenoso si predomina el limo, y así sucesivamente.



FIG. 3.1.10.1 BANCO DE TEPETATE

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La mayoría de las veces el tepetate debe su origen a la descomposición y alteración, por intemperismo, de cenizas volcánicas basálticas. Pueden encontrarse dentro del tepetate capas o lentes de arena y cenizas basálticas que no alcanzaron a intemperizarse cuando fueron cubiertas por una capa que si se alteró. También, suelen encontrarse lentes de piedra pómez dentro del tepetate. Peso volumétrico del tepetate es de 1,100 k/m³ y la arena de tepetate, peso específico =1.58 gm/cm³, absorbente, color del amarillo al blanco, se encuentra en mantos de gran espesor, a cielo abierto, material ligero pero resistente

3.2 SUELOS COHESIVOS Y SUELOS NO COHESIVOS.

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en “cohesivos” y “no cohesivos”. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas. Los suelos no cohesivos, son los formados por partículas de roca sin ninguna cimentación, como la arena y la grava.

3.3 NORMAS GENERALES EN TERRACERIAS

A través de su equipo de Ingenieros, la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, marca las Normas generales que deben seguirse en la construcción de las terracerias de una obra vial, principalmente en lo relacionado con el desmonte, cortes y terraplenes.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

3.3.1 DESMONTE

Es el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de material orgánico en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad.

Comprende la ejecución de cualquiera de las operaciones, siguientes:



FIG. 3.3.1.1 TALA DE VEGETACION EN DERECHO DE VIA

a).- Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.

b).- Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de la siembra.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 3.3.1.2 ROZA DE VEGETACION EN DERECHO DE VIA

c).- Desenraíce, que consiste en sacar los troncos o tocones con raíces o cortando, éstas.

d).- Limpia y quema, que consiste en retirar el producto del desmonte , estibarlo y quemar lo no utilizable.

En las Normas, se consideran los siguientes tipos de vegetación:

a).-Manglar

b).- Selva o bosque

c).- Monte de regiones áridas o semiáridas

d).- Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La vegetación tipo manglar es la constituida predominante por mangles y demás especies de raíces aéreas típicas de los esteros y pantanos de los climas calidos.

La vegetación tipo selva es la constituida predominantemente por árboles típicos de las zonas bajas y calidas: palmeras, amates, chicozapotes, ceibas, caobas, mangos, cedros, parotas, cerones, chacas y chifoles.

Los bosques constituidos por árboles típicos de las zonas altas de clima templado o frío: pinos, madroños, oyameles, abedules, piñoneros, encinos y eucaliptos.

La vegetación de monte de regiones áridas o semiáridas, es la constituida por árboles de poca altura y diámetro reducido y por arbustos, mezquites, pirules, tejocotes, huisaches y espinos.



FIG.3.3.1.3 VEGETACION DE MONTE DE REGIONES SEMI ARIDAS

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La vegetación de monte de regiones desérticas, se caracteriza por zonas cultivadas y de pastizales esta constituido predominantemente por cactáceas, vegetación de sembradíos o zacañales.

Las operaciones de talar, rozar, limpiar y quemar, se ejecutaran en todo o en partes del derecho de vía, según se considere conveniente.

La operación de desenraizar por lo menos, en las superficies limitadas por líneas trazadas a un metro fuera de los ceros para: cortes, terraplenes con espesor menor de un metro, canales y contra cunetas; y zonas de prestamos, bancos y otras superficies.

Las operaciones de desmonte podrán hacerse a mano o con maquina. Cuando se haga a mano el corte de los árboles debe quedar a una altura máxima sobre el suelo de 0.7 m. y el de los arbustos a 0.40 m. excepto en las superficies en las que deba efectuarse el desenraíce. Es muy conveniente que el frente de desmonte este cuando menos un kilómetro adelante del frente de terracerias.

El desmonte, se mide tomando como unidad la hectárea con un decimal, dividiendo con anticipación la superficie por desmontar en tramos con características de vegetación semejante. Las áreas con selva, bosque o monte árido en subtramos con densidad de vegetación sensiblemente uniforme.

En los tramos con vegetación correspondiente a manglar, monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o pastizales, la densidad se considera como del 100% independientemente de lo poblado del manglar del monte, de los sembradíos y de los pastizales, y en estos casos no se hace la división en subtramos. La densidad de vegetación, para el desmonte de selvas o bosque se determina en cada subtramo, relacionando la sección neta total de madera de los

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

troncos de árboles y arbustos por hectárea con la densidad máxima de 100% correspondiente a 100m. Cuadrados de sección neta de madera por hectárea.

La sección neta de cada árbol, se determina a 1.50m. y la de los arbustos a 0.60 m. de altura sobre el nivel del suelo. La densidad de vegetación, para el desmonte de regiones áridas o semiáridas se determina en cada subtramo, relacionando la sección neta total de los troncos de árboles y arbustos por hectárea, con la densidad de 100% correspondiente a 50 m. cuadrados de sección neta de madera por hectárea.

3.3.2 CORTES

Son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimientos de taludes, en rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, en derrumbes, en escalones y en despalme de cortes o para el desplante de terraplenes, con objeto de preparar y/o formar la sección de la otra.

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presentan para su extracción y carga, se clasificaran tomando como base los tres tipos siguientes:

Material A

Material B

Material C

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

3.3.3 MATERIAL A.

Es el blando o suelto, que puede ser fácilmente excavado con escrepa de capacidad adecuada para ser jalada con tractor de orugas, de 90 a 110 caballos de fuerza en la barra, (tipo caterpillar D6) sin auxilio de arados o tractores empujadores.



FIG. 3.3.3.1 EXCAVACION EN MATERIAL TIPO A

3.3.4 MATERIAL B.

Es el que solo puede ser excavado eficientemente con tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, de 140 a 160 caballos de fuerza en la barra, (tipo caterpillar D7) o con pala mecánica de capacidad mínima de un metro cúbico, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen estos para aumentar

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

el rendimiento, o bien, que pueda ser aflojado con arado de seis toneladas jalado con tractor de orugas, de 140 a 160 caballos de fuerza en la barra; también se consideran como material B, las piedras sueltas menores de 75 centímetros y mayores de 3", las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas y los tepetates.



FIG. 3.3.4.1 EXCAVACION EN MATERIAL TIPO CON TRACTOR DE ORUGAS

3.3.5 MATERIAL C.

Es aquel que solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos, tales como rocas basálticas, areniscas, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

También se consideran como material C, las piedras sueltas con una dimensión superior a 0.75 m.

A los materiales que presentan mayor dificultad de extracción que los descritos como material A, pero menor que los descritos como material B y a los que presentan mayor dificultad de extracción que los descritos como material B, pero menor que los descritos como material C, se les fija una clasificación intermedia, asignando porcentajes de material A y B o B y C, debiendo tomar en cuenta la dificultad que hayan presentado para su extracción y carga, siempre mencionando los tres tipos de material, para determinar claramente de cual se trata; por ejemplo un suelo poco o nada cementado, con partículas menores de 3" se clasifica 100-00-00; un material precisamente intermedio se clasifica 50-50-00; un material que en condiciones semejantes se encontrara entre los materiales B y C, se clasifica 00-50-50.

Cuando un corte esta compuesto por materiales de diferente grado de dificultad para su extracción, pero sus estratos están bien definidos, cada material se clasifica por separado tomando en cuenta los volúmenes parciales y posteriormente se computa la clasificación general resultante para el volumen total, considerando siempre los tres tipos de material A, B y C.

Cuando no sea posible hacer la clasificación separada de cada uno de los materiales encontrados, se fija a todo el volumen del corte una clasificación representativa de la dificultad de extracción y carga, considerando siempre los tres materiales A, B y C, aun cuando para alguno de ellos corresponda cero.

Cuando el corte por clasificar este formato por material C, alternando en capas o con bolsas de otros de menor clasificación, en proporción tal que el

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

material C constituya por lo menos el 75% de volumen total, el conjunto se considera como material C.

Los despalmes se ejecutan solamente en material A. Las excavaciones en los cortes se ejecutaran de manera que permitan el drenaje natural del corte, las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria y en tal forma que su desagüe no cause perjuicio a los cortes ni a los terraplenes; las contra cunetas, deberán hacerse simultáneamente con los cortes. Todas las piedras flojas y material suelto de los taludes, serán removidos.

En los cortes en material C, la excavación se hace hasta una profundidad de 30 cms. Debajo de la sub-rasante de proyecto para formar la cama, no debiendo quedar salientes de roca a mas de 15 cms. Debajo de la sub-rasante.

Antes de iniciar los cortes en los tramos de terracerias compensadas, la construcción de alcantarillas y/o muros de contención debe determinarse dentro de los 500 m. contiguos delante de cada frente de ataque.

En terracerias compensadas, antes de efectuar prestamos de ajuste, es necesario vaciar totalmente los cortes utilizando todo el material aprovechable en la formación de terraplenes.

En laderas lisas con pendiente transversal mayor de 25 % es necesario construir escalones de liga para apoyar a los terraplenes, los que deben de tener una huella de 2.50 m. cuando se hayan en materiales A o B.

Para dar por terminado un corte debe verificarse el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, dentro de las tolerancias.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Los volúmenes de obra siempre se miden tomando como unidad el metro cúbico y en ningún caso se considera abundamiento para cuestiones de pago.

El despalme de cortes y desplantes de terraplenes, se pagarán a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico del material A. éstos precios unitarios incluyen lo que corresponda por; extracción, remoción, acarreo libre y depósito del material de desperdicio.

Los cortes, los adicionales excavados debajo de la sub-rasante los de ampliación y/o abatimiento de taludes, los resultantes de rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, los de escalones y los de extracción de derrumbes, se pagan a los precios fijados por metro cúbico de los materiales A, B y C, los cuales, deben incluir todo lo relativo a extracción, remoción y carga de material para la formación de terraplenes, descarga y depósitos del material de desperdicio en los sitios convenientes; afinamiento de los cortes, y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte durante las cargas y las descargas.

3.4 PRESTAMOS

Son excavaciones ejecutadas en los lugares fijados en el proyecto, a fin de obtener los materiales para complementar la estructura de la terracería.

Estos son :

a).- Laterales

b).- De banco

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Los prestamos laterales se hacen dentro de las fajas paralelas al eje del camino de los cerros en uno o en ambos lados de las terracerías, con anchos determinados por el proyecto, cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos prestamos pudiendo sobresalir los extremos de unos u otros, en cada caso, hasta 20 m.

Los anchos de las fajas siempre se medirán a partir del eje de las terracerías. El acarreo es libre, por lo cual no se mide. El ancho de cada faja, puede ser de 20, 40, 60, 80 o 100 m. como máximo.

Los prestamos de banco se ejecutan fuera de la faja de 100 m. de ancho, considerando también como tales a las excavaciones ejecutadas dentro de las fajas para prestamos laterales, cuyos materiales se empleen en la construcción de terraplenes que no estén situados lateralmente a dichos prestamos, tomando en cuenta la tolerancia de 20 m.

Los prestamos, deben excavarse hasta la profundidad fijada, en la forma más regular y en seco, no debiendo iniciar la ejecución hasta que hayan sido trazados y seccionados.

En los prestamos cercanos a las terracerías, se deja una berma entre línea de cerros del terraplén y la orilla contigua de la excavación para el préstamo, cuyo ancho se aconseja sea mayor de 3 m.

Todas las excavaciones de préstamos deben quedar bien drenadas y debe procurarse que no se destruyan o alteren las referencias y bancos de nivel.

Los préstamos se miden tomando como unidad el metro cúbico, sin considerar abundamiento y redondeando el resultado a la unidad, seccionando las

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

excavaciones a cada veinte metros o menos si la configuración del terreno así lo requiere y calculando por el método del promedio de áreas extremas.

Se deben determinar los volúmenes correspondientes a cada uno de los materiales A, B y C. Los precios unitarios para préstamos laterales deben incluir lo que corresponda por extracción, remoción y carga del material, acarreo efectuado, descarga del material para la formación de terraplenes a cualquier altura y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte durante las cargas y descargas.

3.5 TERRAPLENES

Son estructuras de tierra, ejecutada con material adecuado producto de cortes compensados o de préstamos; también se consideran como terraplenes, las cuñas contiguas a los estribos de puentes y pasos a desnivel, la ampliación de la corona, el tendido de los taludes y la elevación de la sub-rasante, en cortes.

Para la formación de terraplenes los materiales que se empleen en la construcción de los mismos, se clasificaran de la siguiente manera:

- a).-Material compactable.
- b).-Material no compactable.

3.6 MATERIALES COMPACTABLES.

Son los suelos, los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates, los cuales, en caso de duda, se someterán a la prueba que se detalla, a continuación:

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

- 1).- Se tendera una capa, del espesor que permita el tamaño máximo del material pero no menor de 30 cm., en todo el ancho del terraplén y en 20 m. de longitud.
- 2).- Se regará agua sobre la capa, hasta obtener la humedad óptima.
- 3).- Se someterá este material al transito de un tractor de orugas con garra y peso de veinte toneladas, pasando tres veces por cada uno de los puntos que forman la superficie.
- 4).- Se harán sondeos a cielo abierto en los 20 cm.. superiores de la capa, con volumen aproximado de medio metro cúbico en cada sondeo.
- 5).- El material producto de los sondeos deberá tener como máximo un 20% en volumen, de material retenido en la malla de 76 milímetros.
- 6).- El material retenido deberá contener como máximo, al cinco por ciento del volumen total, de fragmentos de roca mayores de 15 cm.
- 7).- Se tomará el promedio de los resultados en 3 sondeos efectuados en distintos lugares.

3.7 MATERIALES NO COMPACTABLES

Son los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos,

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

andesitas y otras; también se consideran no compactables los que no cumplen con la prueba anteriormente citada.

Siempre debe despalmarse el sitio del desplante de los terraplenes, rellenando los huecos motivados por el desenraicé, escarificando y compactando el terreno natural o el despalmado, en el área de desplante, hasta alcanzar el grado de compactación fijado.

Siempre que la topografía lo permita, los terraplenes deben ejecutarse por capas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección y de un espesor uniforme tal que se obtenga la compactación fijada.

En la ampliación de la corona de terraplenes existentes y/o en la elevación de sub-rasante, para obtener una buena liga entre el material que se utiliza y el terraplén existente debe despalmarse el sitio, rebajar horizontalmente la parte superior del terraplén en todo el ancho de la sección colocando y extendiendo el producto del rebaje el pié del terraplén a partir del desplante de la sección, de la ampliación, recortando simultáneamente, el escalón de liga, cuyo peralte será igual al espesor de la capa que está formando; se compacta el material de la capa extendida y se continúa rebajando el terraplén por capas sucesivas, para seguir formando el terraplén de ampliación, hasta alcanzar el nivel del terraplén que se viene rebajando, desde luego no deben formarse escalones cuando el terraplén que se modifica esté formado con material no compactable.

Para obtener una buena liga entre el material que se utiliza y el terraplén existente, se recomienda proceder de la siguiente forma: se despalma el sitio del desplante de los terraplenes, recortando el primer escalón de liga al pie del talud del terraplén, el material se coloca por capas, excavando escalones en el talud del terraplén existente, cuyo peralte se recomienda que sea de aproximadamente

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

igual al espesor de la capa suelta que se esta formando; enseguida, las capas se compactan al grado exigido en el proyecto.

Cuando se presentan lugares inaccesibles al equipo de construcción, tales como depresiones profundas y angostas o laderas muy pronunciadas, es necesario llenar a volteo hasta la mínima altura requerida para formar una plantilla constituida por la corona del terraplén parcialmente formado, en la que pueda operar el equipo y prosiguiendo la construcción por capas compactadas.

La compactación de los terraplenes debe hacerse uniformemente en todo el ancho de la sección, donde la humedad conveniente.

La capa sub-rasante, deberá tener como mínimo 30 cm. de espesor, formándose con una o con varias capas de material seleccionado.

Para lograr que todo el terraplén alcance el grado de compactación fijado (lo cual es muy difícil obtener en las orillas), los terraplenes, deben construirse con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente, que se encuentra con el talud teórico del proyecto en la línea de los cerros, obteniendo así las cuñas laterales de sobre ancho, en las cuales la compactación puede ser menor que la fijada.

El proyecto, debe incluir las dimensiones de las cuñas de sobreancho, las que serán recortadas una vez que se haya terminado la construcción del terraplén dejando el talud debidamente afinado. El material resultante del corte de las cuñas de sobreancho, se extiende uniformemente sobre el terreno natural al pie de los taludes del terraplén, sin obstruir el drenaje.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La construcción de terraplenes debe iniciarse hasta que estén terminadas las alcantarillas y muros de sostenimientos en un frente de trabajo que deberá ir 50 m. delante de las terracerías.



FIG. 3.7.1 CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA

Para dar por terminada la construcción de un terraplén, incluyendo su afinamiento, es necesario verificar el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con el proyecto y dentro de las tolerancias especificadas.

Los precios unitarios para la compactación del terreno natural, (por metro cúbico compactable al grado indicado), deben incluir la escarificación, la incorporación del agua empleada y la compactación hasta obtener el grado fijado.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Los precios unitarios de la formación y compactación de los terraplenes, de la capa cuya parte inferior, fué construida con material no compactable, de los terraplenes de relleno contruidos para formar la sub-rasante en los cortes en que se haya realizado excavación adicional y de las cuñas de terraplenes contiguas a los estribos de puentes y estructuras de pasos a desnivel, adicionados con sus cuñas de sobreeancho en cada caso cuando proceda, se debe considerar todo lo que corresponda.

3.8 CANALES

Son excavaciones ejecutadas a cielo abierto, con objeto de formar la sección de las contra cunetas, de cauces artificiales y de rectificación de cauces naturales.

Cuando el material se desperdicia lateralmente, se deja la excavación y el deposito, una berma con un ancho mínimo igual a la mitad de la altura del corte del canal, en ningún caso menor de un metro y siempre del lado de aguas abajo.

3.9 ACARREOS PARA TERRACERIAS

Es el transporte del material producto de: cortes, excavaciones adicionales debajo de la sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de la corona de cortes y/o terraplenes existentes escalones, despalmes, prestamos, derrumbes y canales para construir un terraplén o efectuar un desperdicio; así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerias.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 3.9.1 ACARREO EN TERRACERIAS

El acarreo libre es el efectuado hasta una distancia de 20 m. el termino de los 20 m. de acarreo libre es el origen del sobre acarreo.

El sobre acarreo, se considera como sigue: hasta 5 estaciones, hasta 5 hectómetros y a mas de 5 hectómetros y hectómetros subsecuentes.

El sobre acarreo, se cuantifica multiplicando el volumen de los materiales acarreados por la distancia de sobre acarreo. El acarreo libre se determina como sigue: en la terracerías compensadas, limitado por el diagrama de masas de proyecto. La distancia de sobre acarreo, cualquiera que sea ésta, se determina como sigue: en las terracerías compensadas, según el diagrama de masas del proyecto, entre los centros del proyecto, de la excavación y del terraplén, descontando la distancia de acarreo libre.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CAPITULO IV CARPETA ASFALTICA

4.1 DIFERENTES TIPOS DE ASFALTOS

La mayor parte de asfalto que se emplea hoy en día proviene de la refinación del petróleo. El asfalto refinado se produce en una gran variedad de tipos, desde los sólidos, duros y quebradizos hasta los fluidos casi tan líquidos como al agua. La forma semisólida conocida como cemento asfáltico es el material básico y puede considerarse como una combinación de asfalto duro y aceites no volátiles del petróleo. A continuación representamos algunos tipos de productos obtenidos por destilación directa del petróleo crudo, ya que la destilación es el proceso principal que se emplea para obtener el asfalto del petróleo.



FIG 4.1.1 TENDIDO DE CARPETA ASFALTICA

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

4.2 TIPOS DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS OBTENIDOS POR DESTILACIÓN DIRECTA DEL PETRÓLEO CRUDO

Petróleo crudo:

- Aceites volátiles
- Aceites de volatilización lenta
- Aceites no volátiles
- Asfalto duro

Aceite Residual asfáltico:

- Aceites de volatilización lenta
- Aceites no volátiles
- Asfalto duro

Cemento Asfáltico:

- Aceites no volátiles
- Asfalto duro

Asfalto duro:

- Asfalto duro

Disolviendo el cemento asfáltico (C.A.) en diferentes destilados volátiles del petróleo, o emulsificándolo con agua, se obtienen los **productos asfálticos**, los cuales adquieren un alto valor cementante al usarse.

Presentamos a continuación los tipos de productos asfálticos líquidos que actualmente son más empleados en los pavimentos flexibles.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

4.3 TIPOS DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS LÍQUIDOS



FIG. 4.3.1 RIEGO DE IMPREGNACION EN TERRACERIA

Asfaltos de fraguado lento:

- Aceites de volatilización lenta
- Cemento asfáltico

Asfaltos de fraguado medio:

- kerosina
- Cemento asfáltico

Asfalto de fraguado rápido:

- Gasolina
- Cemento asfáltico

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Emulsión asfáltica:

- Agua
- Emulsor
- Cemento asfáltico
-

Además de los productos asfálticos anteriores, llamados los tres primeros **asfaltos rebajados** hay otros asfaltos diferentes que presentamos en la tabla 4.3.3



FIG. 4.3.2 TENDIDO DE CARPETA ASFALTICA

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

PRODUCTOS ASFÁLTICOS

NOMBRE	DEFINICION
Asfalto natural	El asfalto natural es un asfalto que se obtiene por el proceso natural de evaporación o destilación, y se forma cuando el petróleo crudo sube hasta la superficie de la tierra a través de grietas. Ya en la superficie, la acción conjunta del sol y el aire
Asfalto de Lago	Es un asfalto natural que se encuentra en depósitos superficiales en las depresiones de la tierra.
Roca Asfáltica	Es una roca porosa que se encuentra en la naturaleza con cierto grado de impregnación asfáltica.
Gilosonita	Es un asfalto natural y quebradizo que se encuentra en las hendiduras de las rocas o en vetas de donde se extrae.
Asfalto Oxidado o Soplado	Es aquel asfalto al cual se le ha modificado algunas de sus características naturales, debido a que se le ha inyectado aire a temperatura elevada durante su destilación. Este asfalto tiene un punto de fusión más alto que el asfalto de la misma consistencia
Cemento Asfáltico	Es un asfalto refinado por destilación al vapor de los residuos mas pesados del proceso de fraccionación, continuándose la destilación hasta obtener la penetración deseada.
Mastique Asfáltico	Es una mezcla de cemento asfáltico y material mineral en proporciones tales que al calentarse se vuelve una masa espesa, de lenta fluidez que puede vaciarse y compactarse con cuchara de albañil hasta obtener una superficie lisa.

TABLA 4.3.3.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 4.3.4 RODILLO NEOMATICO Y VIBROCOMPACTADOR SOBRE CARPETA ASFALTICA

4.4 MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETA ASFÁLTICA

4.4.1 REQUISITOS

La manera comúnmente empleada de hacer uso de asfalto en la elaboración de carpetas para caminos, es mezclándolo con un agregado pétreo de características conocidas. Sin embargo, no cualquier tipo de agregado pétreo puede emplearse en forma adecuada para formar carpeta. De ahí la necesidad de que conozcamos sus características físicas para saber si es apto o no. Para conocer las características físicas de los agregados que se pretendan emplear en la elaboración de carpetas asfálticas es necesario llevarles a cabo pruebas de

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

laboratorio tales como peso volumétrico seco y suelto, granulometría, densidad, absorción, desgaste, adherencia con el asfalto, índice de plasticidad. Contracción lineal, etc. En general, los materiales pétreos para carpetas asfálticas debe llenar los siguientes requisitos:

- a) No deben emplearse agregados pétreos que presenten más del 35% en peso, de fragmentos en forma de lascas o que tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se les tritura. Generalmente se considera como lascas las que tengan una longitud mayor de tres veces la dimensión menor del agregado.
- b) No deben emplearse agregados pétreos que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos.
- c) Los agregados pétreos no deben tener más del 20% de fragmentos suaves.
- d) Los agregados pétreos deben emplearse de preferencia secos o cuando mucho con una humedad igual de absorción de este material. En caso contrario, debe emplearse un aditivo en el asfalto.
- e) El tamaño máximo del agregado pétreo no deberá ser mayor que las 2/3 partes del espesor de la carpeta proyectada.
- f) Tener suficiente resistencia para soportar, sin romperse, las cargas del equipo de compactación.
- g) La porción que pase la malla a #40 no debe tener una contracción lineal mayor de tres para materiales que, en mezclas en el lugar, su granulometría caiga en la zona número uno, y del 2% si cae en la zona número dos. Para los concretos asfálticos la contracción lineal o menor al 2%
- h) Los materiales pétreos deben llenar características granulométricas tales que su curva graficada debe quedar dentro de las zonas marcadas por las curvas siguientes según sea el caso.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Se recomienda, para dar una superficie antiderrapante, usar siempre como curva de proyecto la curva inferior, o ligeramente más abajo, mostrada para los concretos asfálticos.

- i) El desgaste determinado con la máquina Los Ángeles no debe ser mayor de 40%
- j) La absorción del material pétreo no debe ser mayor de 5%
- k) La densidad aparente del material pétreo no debe ser menor de 2.3%

Nota: El signo delante de los números indican o *más o menos*, así 95+, significa 95% o más y 5-, significa 5% menos. Cuando se emplee únicamente el material #3, como en el tratamiento superficial simple, debe emplearse material un poco mayor o sea el 3A.

- l) El material pétreo debe tener buena adherencia con el asfalto, debiendo satisfacer una de las especificaciones siguientes:
 - 1. Desprendimiento máximo por fricción, 2.5%
 - 2. Cubrimiento máximo con asfalto inglés, 90%
 - 3. Pérdida máxima de estabilidad, por inmersión en agua, 25%.
- m) El material pétreo debe resistir la prueba de intemperismo acelerado.

4.5 TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Los tratamientos superficiales con asfalto pueden utilizarse para cumplir las siguientes funciones:

- Proveer una superficie de bajo costo para toda condición del tiempo atmosférico, en caminos de categoría ligera y mediana.
- Sellar una superficie de rodamiento existente.
- Ayudar a un revestimiento sobrepuesto a adherirse al revestimiento previo.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento.
- Rejuvenecer las superficies existentes deterioradas por el intemperismo.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

- Proveer una cubierta temporal para una nueva base granular que no va a recibir su cubierta final por un amplio período.
- Cubrir los pavimentos existentes y proveer cierto aumento en resistencia.
- Servir como paliativo para el polvo.
- Guiar el tráfico y mejorar la visibilidad en la noche; por ejemplo, a través de agregados con contraste en colores.

Los tipos de tratamientos para superficies con asfalto incluyen los siguientes: tratamientos de superficie simple, que consiste en una aplicación de material asfáltico cubierta con una capa de agregado, estos tratamientos asfálticos también llamados en monocapa se usan como capas de protección sobre bases flexibles o semirígidas para tráfico liviano o como pavimento provisional sobre bases destinadas a soportar tráfico pesado mientras se construye la carpeta asfáltica definitiva, y también existe el tratamiento superficial múltiple que resulta de repetir dos o más veces el procedimiento constructivo de los tratamientos de una capa. Generalmente se disminuye el tamaño del agregado a medida que la capa se construye es más superficial. El tipo más empleado es el de las dos capas, que se conoce también como tratamiento superficial de doble riego y tiene su aplicación más frecuente como pavimento provisional en carreteras para tráfico mediano o pesado que se construye por etapas.

4.5.1 ADHERENCIA

Una capa de adherencia es una aplicación muy ligera asfáltica diluida. Es utilizada para asegurar la adherencia entre la superficie pavimentada y la nueva carpeta ó capa. Puesto que la emulsión (se supone) no debe penetrar el pavimento, la cantidad aplicada debe ser bien limitada. Aunque otros asfaltos líquidos pueden ser utilizados como capa de adherencia (RC-70, RC-250), las

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

emulsiones diluidas dan los mejores resultados. Esto se debe a que pueden diluirse para dejar luego un cubrimiento ligero y uniforme de asfalto residual.



FIG. 4.5.1.1 RIEGO DE IMPREGNACION CON EMULSION LR2K

En la mayoría de los casos es necesaria una capa de pega, tal vez la única excepción sería cuando se coloca una capa adicional dentro de los dos o tres días, sobre una carpeta recién hecha. En este caso se puede producir una buena adherencia entre las dos capas sin la necesidad de poner la capa de pega.

Los tipos de emulsiones más conocidas son las emulsiones diluidas, SS-1, SS-1h, CSS-1 YCSS-1h. La emulsión es diluida agregando una cantidad igual de agua. El material diluido se aplica en las cantidades de 0.25 a 0.70 litros/m². No se debe regar más de la longitud de adherencia que pueda ser cubierta en un día de trabajo.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

El objetivo es obtener una película de asfalto residual delgada y uniforme cuando la emulsión rompa. Una capa de adherencia en exceso puede crear un plano de deslizamiento entre las dos capas de pavimento ya que el asfalto actúa más bien como un lubricante en lugar de un adherente. Puede crear en la superficie del nuevo pavimento áreas blandas o de "sangrado", condiciones que no solamente son invisibles sino que producen pavimentos peligrosamente estabilizados.



FIG. 4.5.1.2 COMPACTACION CON RODILLO DE NEUMATICOS

La compactación con rodillo de neumático de las áreas irregulares de la capa de adherencia, facilitará la distribución de asfalto para un mejor cubrimiento. También ayudará a reducir la probabilidad de áreas blandas.

Luego de riego de adherencia, se debe permitir el tiempo suficiente para que la emulsión rompa totalmente antes de colocar la capa siguiente. El tráfico se debe mantener fuera del área regada. Si esto no es posible, los vehículos deben de controlar su velocidad a 30 Km/h.

El área recién regada del pavimento es muy resbaladiza y no se puede tener un manejo seguro si se permiten velocidades elevadas, especialmente antes de que la emulsión rompa.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Una capa de pega o adherencia también es una parte esencial de una buena operación de bacheo. En primer lugar el área del bacheo debe ser completamente limpiada y todo material suelto removido. Luego se coloca un riego denso de emulsión asfáltica, o pintada, sobre el área total del parche, incluyendo los bordes (lados verticales). El riego ayuda a mantener el parche en sitio y da un sello impermeable entre el parche y el pavimento circundante.

4.5.2 IMPREGNACION

Una capa de impregnación es una aplicación de asfalto de baja viscosidad a una base granular que se prepara para la colocación de una capa asfáltica. La capa de imprimación está diseñada para cumplir varias funciones:

- Cubrir y darle adherencia a las partículas sueltas de la superficie de la base.
- Endurecer la superficie.
- Impermeabilizar la superficie de la base.
- Sellar los vacíos capilares.
- Proveer adherencia entre la base y la capa siguiente.

Con el fin de que la imprimación satisfaga éstos criterios, éste debe de penetrar poco en la base.

En un tiempo se creía que el uso de la capa de imprimación era un elemento esencial de la buena construcción de pavimentos flexibles. Sin Embargo, en los años recientes algunos ingenieros han eliminado el uso de la imprimación.

Ellos colocan la primera capa sin imprimación. Solo cuando la base es dejada por un período largo (como en los meses de invierno), o cuando se someten a las fuerzas abrasivas del tráfico es cuando se utiliza.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Por otra parte la mayoría de los ingenieros creen que la relación costo/beneficio de una capa de imprimación esta sujeta a serios cuestionamientos.



FIG. 4.5.2.1 RIEGO DE LIGA CON EMULSION RR2K

La mayoría de las imprimaciones se hacían con asfaltos cutbacks. El uso de las emulsiones para este propósito es relativamente nuevo. Se deben de tomar precauciones especiales cuando se utilicen emulsiones. Debemos de recordar que en una emulsión partículas pequeñísimas de cemento asfáltico se encuentran suspendidas en agua. Para que estas partículas sean efectivas deben de penetrar los vacíos de la superficie de la base granular. Si estos vacíos de la superficie son muy pequeños va a servir como filtros y atrapar las partículas de asfalto en la superficie. Se ha determinado que humedeciendo la superficie con agua que contenga agente emulsificante en pequeña cantidad, incrementará la efectividad de la emulsión con imprimación.

La cantidad a ser usada depende de la naturaleza de la base granular y de las condiciones del tiempo. La granulometría del agregado, el tamaño de los

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

vacíos, y la absorción del agregado todos los afectan. En general se utiliza de 0.45 a 1.35 litros/m² de emulsión: SS-1, SS-1h, CSS-1h. Si una vez rota la emulsiones encuentra un exceso de está en la superficie se puede regar un poco de polvo de arena para absorber el material sobrante.



FIG. 4.5.2.2 RIEGO DE LIGA CON EMULCION RR2K

4.5.3 LECHADA ASFÁLTICA

Son sellos que se utilizan para tratamientos superficiales, sirven para proteger contra la infiltración del agua superficial si está agrietada o porosa, proporcionar un revestimiento antideslizante al pavimento antiguo u obtener una superficie de un color determinado. En todos los casos el proceso constructivo es el mismo y consiste en regar sobre la superficie existente una pequeña cantidad de material asfáltico de acuerdo con dosificaciones establecidas previamente.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

4.6 ENSAYES DE LOS ASFALTOS

Los asfaltos deben ser sometidos a pruebas de laboratorio con el fin de conocer sus características y ver si se encuentran dentro de las especificaciones marcadas por la fuente de producción. Nuestros asfaltos deben cumplir con los requisitos que marcan las especificaciones de petróleos mexicanos.

Los ensayos que deben efectuarse a los asfaltos son los siguientes:

4.6.1 DENSIDAD DEL PRODUCTO ASFÁLTICO

La determinación de la densidad de los productos asfálticos es de mucha importancia como un medio para hacer correcciones de volumen cuando estos se miden a temperaturas altas. En el laboratorio la densidad de un asfalto se determina llenando una botella pequeña con agua y pesándola, después, llenando la misma botella con asfalto a 15° C y pesándolo. El peso neto del asfalto dividido por el peso neto del agua es la densidad del asfalto.

4.6.2 DESTILACIÓN DE LOS ASFALTOS REBAJADOS

El objeto de la prueba de destilación es la de determinar la cantidad de disolvente que contiene el producto asfáltico conocer sus características en lo referente a volatilización, el procedimiento de prueba será el siguiente:

Se coloca en un matraz de destilación 100 gramos de asfalto que se desea ensayar y se anota dicho peso (P_a), calculado luego el volumen (V_a) utilizando la densidad obtenida. Se ajusta el termómetro en el matraz de destilación de modo

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

que el bulbo de aquel quede retirado del fondo del matraz unos 7 milímetros. Se hace circular agua fría por el condensador conectado.

Se eleva la temperatura del asfalto en el matraz y se continúa calentando gradualmente para que los disolventes volátiles se desprendan, condensándose y caigan con la probeta graduada. Se anotan los volúmenes destilados a las temperaturas de 190°, 225°, 260°, 315° y 360° C. al alcanzar la temperatura de 360° C, se retira la fuente de calor, se desconecta el matraz de destilación del condensador e inmediatamente se vacía el residuo asfáltico en una capsula metálica para efectuarle posteriormente la prueba de penetración.

Se calculan los porcentajes de destilación a las temperaturas de 190°, 225°, 260°, 315° y 360° C. dividiendo los volúmenes destilados a cada una de las temperaturas entre el volumen total destilado a 360° C, y multiplicando por 100 el resultado.

Es necesario que al ejecutarse la prueba de destilación ella se efectúe con mucho cuidado ya que pueden cometerse los siguientes errores.

- 1.- Que el producto asfáltico haya perdido parte de sus disolventes después de muestreado.
- 2.- Que se espese el producto asfáltico estando este caliente. Se recomienda que el producto asfáltico este a una temperatura de 20° o 25° C al efectuar la pesada
- 3.- Que se pierda una parte de los volátiles por conexión mal hecha entre el condensador y el matraz de destilación, o que el tapón del matraz en el cual va puesto el termómetro no ajuste bien.
- 4.- Que el agua que circula por el condensador este a una temperatura tal que no condense todos los volátiles. Dicha temperatura no debe ser mayor que 25°C.

En algunas ocasiones el producto asfáltico contiene agua y en tal caso debe seguirse el procedimiento siguiente:

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Se colocan tres o cuatro perlas de vidrio o gravillas en el matraz de destilación para evitar la formación de una cantidad excesiva de espuma debido a la presencia de agua con el producto. La flama para calentar el producto asfáltico en el matraz se colocara directamente sobre este sin colocar la camisa de asbesto, retirándola cuando empiece a subir la espuma. Habiéndose evaporado el agua que contenga el producto, se coloca la camisa de asbesto y se continúa la destilación en la forma que ya se ha indicado.

A los volúmenes de destilado obtenidos a las temperaturas indicadas se restará el volumen de agua recibida en la probeta.

4.6.3 DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DE LOS ASFALTOS REBAJADOS Y DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

El objeto de la prueba de viscosidad es el de determinar el grado de fluidez de un asfalto liquido a determinada temperatura. La prueba se determina mediante un aparato denominado viscosímetro. La prueba se lleve a cavo siguiendo los pasos siguientes:

- Se calienta el aceite del viscosímetro a una temperatura de 0.5° C mayor que la temperatura de prueba.
- Se colocara en un baso 150 gramos aproximadamente del producto asfáltico y se calentará en una parrilla a una temperatura de 1° C mayor que la de prueba, agitando durante el calentamiento hasta que la temperatura sea uniforme.
- Se vacía el producto el tubo de viscosímetro hasta el nivel de derrame, se tapa y se mantiene durante 15 minutos hasta alcanzar la temperatura de prueba.
- Se abre el obturador y se empieza a contar el tiempo en segundos que tarda el producto en llenar el matraz de 60 cc pasando a través del tubo furol. Este tiempo expresara la viscosidad del producto a la temperatura de

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

prueba. Las temperaturas a las cuales se les determina la viscosidad a los asfaltos son los siguientes:

Las emulsiones.....	a 25° C
Los FL ₀ , FM ₀ y FR ₀	a 25° C
Los FL ₁ , FM ₁ y FR ₁	a 50° C
Los FL ₂ , FM ₂ y FR ₂	a 60° C
Los FL ₃ , FM ₃ y FM ₃	a 60° C
Los FL ₄ , FM ₄ y Fr ₄	a 82° C

Cuando se ejecuta esta prueba de viscosidad es probable que se cometan los siguientes errores:

- 1.- Que no se mantenga la temperatura adecuada durante la prueba.
- 2.- que no se tome en forma adecuada el tiempo que tarda el asfalto en llenar el matraz de 66 cc.
- 3.- Que el orificio de descarga no este perfectamente limpio.

4.6.4 DETERMINACIÓN DE LA PENETRACIÓN EN EL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN DE LOS ASFALTOS REBAJADOS Y EN LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS

La prueba de penetración tiene por objeto el determinar el grado de dureza del residuo de la destilación de los asfaltos rebajados o la dureza del cemento asfáltico original.

La prueba se ejecuta de la siguiente manera: El residuo de la destilación se vacía en una cápsula hasta llenarla procurando que no quede aire atrapado.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Si el asfalto que se va a ensayar es un cemento asfáltico, este se calienta hasta que pueda ser vaciado en la cápsula.

Se deja enfriar el espécimen (cápsula con asfalto) hasta que adquiera la temperatura ambiente y luego se coloca en un baño de agua a una temperatura de 25° C manteniéndolo así el tiempo necesario para que el producto asfáltico adquiera dicha temperatura.

Se coloca el espécimen bajo el aparato de penetración, se pone la aguja en contacto con la superficie del asfalto y se ajusta la carátula a 0.

Se deja caer la aguja libremente durante 5 segundos al cabo de los cuales se medirá en la carátula la distancia penetrada.

Se hacen unas cuatro penetraciones teniendo cuidado de limpiar bien la aguja después de cada ensaye y se toma el promedio de dichas penetraciones como el valor correcto. Si una de las temperaturas discrepa mucho se desecha para el calculo del promedio.

Las penetraciones se expresan en decimos de milímetros que se denominan grados de penetración. Durante la ejecución de esta prueba pueden existir las siguientes causas de error:

- 1.- El que haya quedado aire atrapado en la muestra cuando fue vaciada en la cápsula lo cual da penetraciones superiores a las reales.
- 2.- Que la temperatura a la hora que la prueba no sea la especificada.
- 3.- que la aguja no este en contacto con la superficie del asfalto al ajustar la carátula del aparato.
- 4.- que el tiempo durante el cual esté libre la aguja no haya sido el especificado.
- 5.- que no este limpia la aguja a la hora de hacer la penetración.
- 6.- que no este correcto el peso de la aguja y el vástago.
- 7.- que la aguja toque el fondo de la cápsula antes de finalizar el tiempo estipulado.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

Es bueno hacer notar que la prueba de destilación combinada con la de penetración del residuo, clasifican fácilmente el tipo de producto asfáltico en observación, ya que si el residuo es tan suave que no permita la prueba de penetración, podrá clasificarse el producto como de fraguado lento. Sin embargo, si el residuo permite la prueba de penetración, el producto puede clasificarse como un asfalto rebajado de fraguado medio o rápido y en tal caso si mas de la mitad del destilado total pasa a una temperatura de 225° C, puede clasificarse el producto como asfalto rebajado de fraguado rápido., mientras que si mucho menos de la mitad del destilado pasa a esta temperatura, deberá clasificarse el producto como un asfalto rebajado de fraguado medio.

4.6.5 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE IGNICIÓN DE ASFALTOS REBAJADOS Y EN CEMENTO ASFÁLTICO

El punto de ignición mínimo de un asfalto representa la temperatura critica arriba del cual deberán tomarse precauciones para eliminar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del mismo. Para la ejecución de la prueba se emplea la copa abierta de Cleveland.

Se llena la copa hasta la marca interior con el producto asfáltico, previamente calentado hasta hacerlo fluido, para poder vaciarlo.

Con una llama se calentara la parte inferior de la copa en tal forma que la temperatura del asfalto suba en una relación aproximada del 1.5° C por minuto. Se agitara el asfalto con el termómetro durante la prueba para uniformizar la temperatura. A intervalos de cada grado centígrado se pasara una pequeña flama horizontalmente por los bordes de la copa y se observara si se produce unas pequeñas chispas. Cuando esto suceda, se anota la temperatura que marca el termómetro, que sera la de ignición del producto que se ensaya.

Las causas frecuentes de error el la determinación del punto de ignición son las siguientes:

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

- 1.- Que exista corriente de aire que impida la formación de las chispas en los vapores del producto asfáltico.
- 2.- que la flama no se pase a los niveles indicados de 1° C.

4.6.6 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA EN ASFALTOS REBAJADOS

Esta prueba se lleva a cabo con el objeto de determinar la cantidad de agua presente en asfaltos rebajados, agua que generalmente da origen a la formación de espuma al calentar el producto asfáltico provocando con ello dificultad en su manejo. Las pruebas se ejecutan de la manera siguiente:

Se miden 100 cc del producto asfáltico usando para ello una probeta graduada. Luego se vacía un matraz de 500 mililitros de capacidad, de cuello corto y fondo esférico utilizando 100 cc de solvente para limpiar perfectamente la probeta. El asfalto del lavado de la probeta se vacía al matraz e inmediatamente se coloca la trampa y el condensador al matraz debiendo comenzarse así con el calentamiento del matraz pero estando ya circulando agua por el condensador. La destilación debe llevarse a cabo en forma tal que se obtengan de 2 a 5 gotas de destilado por segundo y continuarse durante una hora. El volumen del agua condensada y recogida en la trampa expresa en cc, representara el porcentaje del agua presente en el producto asfáltico analizado.

4.6.7 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN O REBLANDECIMIENTO DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS

Este método es un método arbitrario para la determinación de la temperatura a la cual fluye un asfalto hasta cierto grado. A medida que se calienta el asfalto, gradualmente se hace mas blando hasta llegar a una temperatura a la

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

cual fluye fácilmente, no habiendo una temperatura crítica durante el calentamiento a la cual cambie repentinamente de sólido a líquido.

La prueba se lleva a cabo en la forma siguiente:

Sobre una placa de bronce, que haya sido previamente amalgamada, se coloca un anillo de latón de 15.88 milímetros de diámetro interior y de 6.35 milímetros de altura, en posición invertida y se llenará con asfalto el cual haya sido previamente calentado y se dejara enfriar durante una hora. Después de haber pasado una hora, se quita el exceso de asfalto con una espátula caliente. Se pueden presentar los dos casos siguientes si se trata de asfaltos cuyo punto de fusión es de 80° C se vaciara agua destilada a 5° C al vaso hasta una altura de de 8.25 cm. Se colocara el anillo dentro del agua hasta tener 2.54 cm. Desde el fondo del vaso hasta la cara inferior del anillo. Se introduce la esfera de $3/8$ " en el agua dejandola descansar en el baso y se suspenderá el termómetro de manera que el bulbo quede a la misma altura que la cara inferior del anillo y a una separación de 6.35 mm. ($1/4$ "). Se mantendrá la temperatura del agua a 5° C durante 15 minutos y con unas pinzas adecuadas se cogerá la esfera y colocará cuidadosamente en el centro de la cara superior de la muestra, ya colocada la esfera, se elevara la temperatura del agua en una relación de 5° C por minuto. La temperatura que marque el termómetro en el instante en que el asfalto toque el fondo de l vaso, se reportará como punto de fusión o de reblandecimiento del asfalto. Si se trata de asfaltos con punto de fusión mayor de 80° C se sigue el mismo procedimiento anterior solo que se usara glicerina químicamente pura en lugar de agua y la temperatura inicial será de 32° C, la flama se colocará a la mitad de la distancia comprendida entre el centro del vaso y la pared mas distante del anillo.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

4.6.8 DETERMINACIÓN DE LA DUCTILIDAD EN EL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN DE ASFALTOS REBAJADOS Y EN CEMENTOS ASFÁLTICOS

La dificultad de un asfalto es la distancia a que puede estirarse sin romper, una muestra patrón a la temperatura de 25° C, tirando de los extremos de la muestra hacia fuera a la velocidad de 5 centímetros por minuto. En la mayoría de los trabajos donde se emplea el asfalto se requiere que éste tenga cierta ductilidad en vez de romperse inmediatamente. Una ductilidad alta es deseable en caminos para que no se agriete la carpeta al presentarse algún desplazamiento. La prueba se ejecuta de la manera siguiente: Se amalgamarán dos piezas laterales removibles del molde de latón para formar la briqueta de prueba y la placa de cobre para evitar que se adhiera el asfalto. Para ello se aplicará con un trapo una pasta formada por glicerina y arcilla de china. Se colocará el molde encima de la placa en posición horizontal y se vaciará el asfalto que ha sido previamente fundido a la temperatura más baja posible, hasta alcanzar un nivel ligeramente mayor que el de enrase. Se deja enfriar a la temperatura ambiente durante 40 minutos, después de lo cual se sumergirá la briqueta y la placa en un baño de agua a 25° y se mantendrá en él durante una y media horas, después de lo cual se quitarán las piezas laterales y la placa de cobre, e inmediatamente se colocará la briqueta en el aparato de prueba que se muestra más adelante, debiendo quedar el nivel de agua a no menos de 2.5 cm de la cara superior de la briqueta. Se pondrá en marcha el aparato, se medirá la distancia a que se ha desalojado la mordaza hasta que se rompa la briqueta. Esta distancia, en centímetros, expresará la ductilidad de asfalto.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

4.6.9 PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO

Para ejecutar esta prueba se someten 500 gramos e cemento asfáltico a un calentamiento de cinco horas a una temperatura de 160° C. Al finalizar el período de calentamiento se saca la cápsula del horno y una vez enfriada se pasa nuevamente para calcular las pérdidas debidas a la volatilización, que se reportarán como porcentaje del peso original de la muestra.

4.6.10 EMULSIONES ASFÁLTICAS

En la evolución que durante el tiempo han tenido los productos cementantes en los pavimentos flexibles, aparecieron hace algunos años las emulsiones asfálticas, que trajeron consigo grandes ventajas constructivas por la facilidad de su empleo, pues permitirán dejar de usar los primitivos medios de calentamiento de los asfaltos viscosos hasta entonces empleados. Sin embargo, en la actualidad, los medios de calentamiento se han perfeccionado de tal manera que el empleo de los productos viscosos vuelve a resultar cómodo, aunque para ello es necesario disponer de equipo especial, mientras que para el uso de las emulsiones éste se reduce a los elementos indispensables para el transporte y colocación en obra.

El fin que siempre se persiguió en el estudio de las emulsiones asfálticas fue el conseguir trabajar a la temperatura ambiente con un material (asfalto) que a esa temperatura es manejable, ya que se encuentra en un estado semisólido.

Las emulsiones asfálticas son líquidos de color chocolate casi tan fluidos como el agua y el cemento asfáltico queden perfectamente emulsionados es necesario reducir el cemento asfáltico a pequeñas gotas de tal manera que queden flotando en el agua. La estabilidad de esta suspensión se logra proporcionándole a las gotas de cemento asfáltico una fuerza repulsiva que impida

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

la unión de unas con otras, lo que trae consigo que las dos fases, agua y cemento asfáltico, se mantengan separadas.

El emulsor empleado es, generalmente, un agente químico constituido por productos tensoactivos que rebajan la tensión interfacial entre agua y cemento asfáltico, y carga a la vez eléctricamente, a las pequeñas gotas de éste (micelas) con lo que se consigue que haya una repulsión entre ellas. De que este signo que recubre a la micela sea positivo o negativo, nace la diferencia fundamental entre las emulsiones ácidas y las básicas (catiónicas y aniónicas).

Es conocido que con frecuencia la adherencia entre el material pétreo y el cemento asfáltico se ve afectada cuando entre ellos se interpone una película de agua, y partiendo de la base de que las emulsiones de su constitución llevan incorporadas un fuerte porcentaje de ella, puede por lo tanto existir un problema de adherencia siempre que exista la diferencia de signos entre los áridos y las micelas. Los áridos básicos, como los calizos, que están recubiertos de cargas positivas sentirán una gran atracción hacia las micelas de cemento asfáltico recubiertas con cargas eléctricas negativas, o sea hacia las emulsiones aniónicas. Por el contrario, con las emulsiones aniónicas y los materiales pétreos de naturaleza árida (con cargas eléctricas negativas) no existirá atracción entre el material pétreo y el cemento asfáltico por estar cargados ambos por el mismo signo, lo que traerá como consecuencia que en presencia de agua, ésta desplace el cemento asfáltico de la superficie del agregado pétreo.

Considerando ahora las emulsiones ácidas o catiónicas se puede observar que en ellas las micelas del cemento asfáltico están cargada positivamente por lo que sentirán una gran afinidad por los materiales pétreos cargados negativamente, esto es por los materiales pétreos ácidos como las cuarcitas y los silíceos, con los cuales la adherencia queda asegurada. Lógicamente con los materiales pétreos básicos tendría que suceder que la adherencia no fuere buena, pero como el

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

agente emulsor empleado en la fabricación de estas emulsiones contiene ácido, se produce una reacción química entre éste y el carbonato cálcico de los materiales pétreos básicos, apareciendo entonces en la superficie del material pétreo aniones, que aseguren la atracción ente el material pétreo y el cemento asfáltico. En el momento que las partículas de cemento asfáltico son atraídas por la superficie del material pétreo, la emulsión deja de mantenerse estable y rompe, quedando el cemento asfáltico incorporado en forma de película fina al material pétreo y el agua queda libre para que se evapore posteriormente. No ocurre lo mismo cuando se emplean emulsiones aniónicas que se rompen principalmente por deshidratación, lo que es causa de que en el tiempo frío o húmedo, el tiempo de curado de la misma se prolongue excesivamente.

Como puede observarse las emulsiones catiónicas son insustituibles para ejecutar trabajos fuera de temporada. Sin embargo, es muy necesario tener en cuenta el cemento asfáltico que se emplee en su fabricación, ya que por la rápida ruptura de estas emulsiones podría dar lugar a superficies cubiertas en forma insuficiente lo que sería un riesgo para la vida de la carpeta asfáltica. Por ello, en la actualidad, las emulsiones se preparan con un cemento asfáltico fluidificado que permite una vez rota la emulsión disponer del cemento asfáltico con una viscosidad apta para trabajar durante un período de tiempo mayor que si se empleara el cemento asfáltico puro. Según que la emulsión se valla a emplear en riesgo o en mezcla, la proporción de fluidificantes tendrá que ser mayor o menor para que al efectuar con ellos los trabajos, se realicen con las debidas seguridades.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CAPITULO V TERRENO NATURAL Y LAS TERRACERIAS

5.1 DEFINICIÓN Y FUNCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA SECCIÓN DE LAS TERRACERÍAS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES



FIG. 5.1.1 CORTE EN LA SECCION DE TERRACERIA

Las terracerías se definen como volúmenes de materiales que se extraen de la sección transversal y sirven de relleno para la construcción de diferentes obras; las terracerías son el conjunto de cortes y terraplenes que dan forma a una

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

obra vial, desde el despalme, desmonte, desenraice, disgregación, etc, hasta que la obra alcanza la altura indicada para la línea subrasante de forma que se cumpla con las normas de construcción, establecidas oficialmente. Son fases que se tienen en diversas obras de ingeniería civil, pero donde tienen más aplicación son en la construcción de carreteras, y accesos pavimentados y diversos.

La principal función de las terracerías es la de darle forma a la obra vial, al igual que recibir todas las cargas disipadas de los vehículos y formar una sustentación con las condiciones que la hagan adecuada para alojar las capas del pavimento, colocadas según las especificaciones del caso.

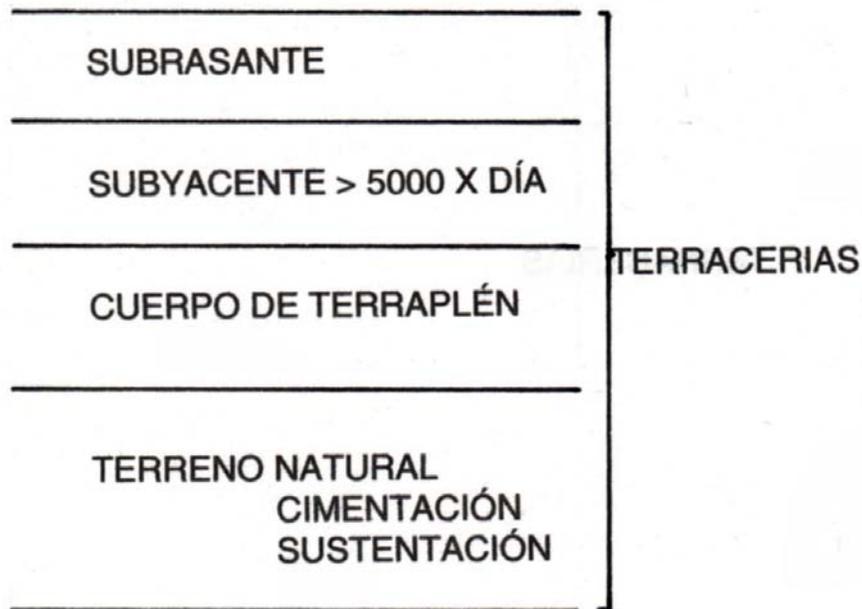


FIG. 5.1.2 CORTE DE CAJA EN TERRENO NATURAL PARA DESPLANTAR BASE GRA

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

La extracción de esta puede hacerse a lo largo de la línea de la obra o fuera de ella en zonas denominadas de préstamo o laterales.

Las partes que conforman una terracería son:



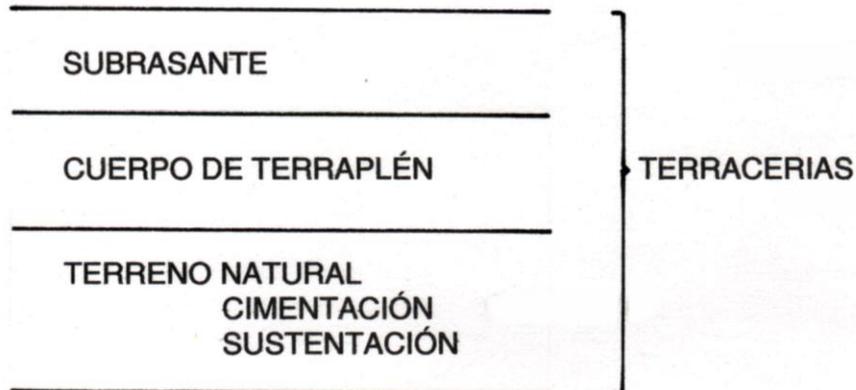
Para Pavimentos Flexibles:

- ❖ Capa subrasante
- ❖ Capa subyacente para un volumen vehicular mayor a 5000 vehículos por día.
- ❖ Cuerpo de terraplén
- ❖ Terreno natural, cimentación, sustentación.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 5.1.3 SECCION TRANSVERSAL EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y LAS TERRACERIAS



Para pavimentos rígidos:

- ❖ Subrasante
- ❖ Cuerpo de terraplén
- ❖ Terreno natural, cimentación, sustentación.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

5.2 SUBRASANTE

Es la primera capa de terracerías localizada debajo de la sub base, es la capa que sirve como transición entre la terracería y el pavimento es una capa de espesor mínimo que está en la parte superior de un terraplén o en corte, y está formada por el mismo suelo de la terracería (constituye el cimiento de un pavimento). Esta capa se presento oficialmente en las especificaciones mexicanas de 1957. sus características mínimas deben ser espesor de la capa de 30 cm. Mínimo, tamaño máximo 7.5 cm. (3 pulgadas), grado de compactación del 95% PVSM, con un valor relativo de soporte del 15% mínimo, expansión máxima 5%. Estos dos últimos valores se obtienen por medio de la prueba Porter estándar

FUNCIONES

Una de sus principales funciones, es recibir las cargas del transito que le son transmitidas por el pavimento., además de transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del transito al cuerpo del terraplén.

Evitar que los materiales finos plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento por que podría variar su resistencia o modificar su comportamiento.

Evitar que las terracerías cuando estén formadas por suelos de granulometría variada, absorban el pavimento.

Evitar que las imperfecciones de las camas de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.

Uniformar los espesores del pavimento y economizar espesores de pavimento.

La subrasante, debe ser estudiada con mayor detenimiento, ya que es la capa de soporte de un pavimento.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 5.2.1.1 INCORPORACION DE HUMEDAD A MATERIAL PARA CONFORMAR BASE

5.3 SUBYACENTE

Es la capa que cuando el tránsito es mayor de 5000 vehículos diarios, se coloca con un espesor de 20 - 50 cm con material compactable.

Esta capa se localiza entre la subrasante y el cuerpo del terraplén; y se coloca solo en pavimentos flexibles.

FUNCIONES

Su función es la de reducir el terraplén cuando éste, o el terreno de cimentación son de muy mala calidad, para su elaboración, se utiliza material similar al que se utiliza en la subrasante cambiando sólo en el grado de compactación, dependiendo de las propiedades del material.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

5.4 CUERPO DEL TERRAPLÉN

Esta capa, se localiza debajo de la subrasante en los pavimentos rígidos y debajo de la subyacente en los pavimentos flexibles y sobre el terreno natural, sustentación o cimentación; es la capa que se utiliza para darle la altura necesaria para satisfacer especificaciones geométricas.

FUNCIONES

Su principal función es resistir los esfuerzos a través de su espesor para transmitirlos en forma adecuada al terreno natural, en el caso de los pavimentos flexibles, las cargas son disipadas en las diversas capas que los conforman, con lo que el cuerpo del terraplén debe soportar su propio peso y el de las diversas capas que están sobre el, en los pavimentos rígidos, la carga es disipada por la losa así que su función es la de soportar su propio peso y el de las capas sobre el cuerpo del terraplén.

Otras funciones, son: alcanzar la altura necesaria para satisfacer los requerimientos establecidos en proyecto o por la SCT.

5.5 TERRENO NATURAL

Es el sitio donde se desplanta la obra dándole lugar a las terracerías y el pavimento. También definido como la franja de terreno incluida en el derecho de vía, cuyo estado de esfuerzo original resulta afectado por la construcción de la obra vial y que recibe las cargas del tránsito a través de la estructura, siendo la parte más baja de diversas capas que componen las terracerías, en forma natural como su nombre lo indica.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

5.6 SUELO DE CIMENTACIÓN

Cuando se hace algún corte en la capa superficial se alteran las condiciones del terreno descubierto, para restituirlos, se requiere de un tratamiento de compactación.

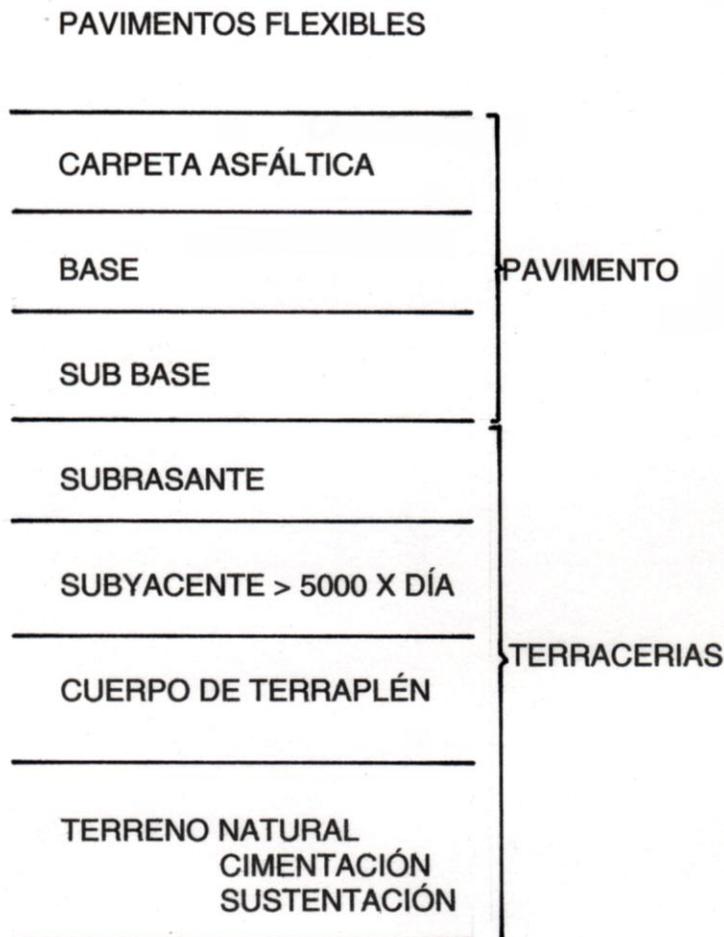
5.7 DEFINICIÓN Y FUNCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA SECCIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.



FIG. 5.7.1 PAVIMENTO FLEXIBLE SOBRE BASE CONTROLADA 70-30

Existe una gran variedad de pavimentos, pero en general podemos hablar de, 2 grandes grupos: Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Pero antes de poder entrar a esta división tenemos que conocer lo que es un pavimento.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



Pavimento: es una estructura formada por un conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad.

Las partes por las que están compuestos los pavimentos flexibles, son:

- ❖ Carpeta asfáltica
- ❖ Base
- ❖ Súbase

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

En los pavimentos flexibles las cargas de los vehículos son transmitidas hacia las capas inferiores y se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales.



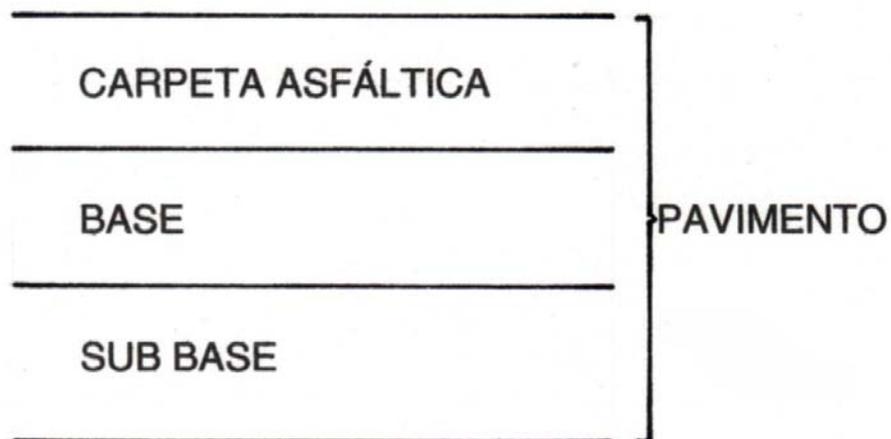
FIG. 5.7.2 CUNETA PARA DESALOJO DE AGUAS PLUVIALES

El pavimento flexible, resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil, que consiste en mantener libre de obstáculos, como basura y materia vegetal, los conductos de desalojo de agua que evitan la filtración de agua a la estructura del pavimento, en caso contrario el agua se filtra a la estructura de sustentación, provocando la pérdida de capacidad de carga, dando como resultado la formación de baches.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES



FIG. 5.7.3 BACHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN ZONA RURAL



ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

5.8 CARPETA ASFÁLTICA

Es la capa superior de un pavimento flexible, formada por agregados pétreos y asfaltos colocados sobre la capa base, previamente preparada con una emulsión asfáltica LR12K. Para la base con la carpeta.

Es la capa o conjunto de capas construidas sobre la base impregnante, con material pétreo de características específicas y un producto asfáltico que sirve como aglutinante del agregado pétreo.

En pavimentos de poco o regular tránsito se coloca una carpeta de un sólo espesor y en casos de tránsito intenso y pesado el espesor de la carpeta asfáltica se divide, en: carpeta de desgaste y capa de liga.

FUNCIONES.

Proporcionar una superficie tersa y segura al rodamiento de los vehículos. Debe tener suficiente resistencia tanto al desgaste como a la fractura para soportar las cargas.

Debe ser estable y prácticamente impermeable de superficie uniforme y soportar la acción de los agentes atmosféricos, evita la desintegración de la base por efecto del tránsito, si su espesor es de más de 5 cm contribuye a la resistencia estructural del pavimento.

Estas carpetas asfálticas se pueden clasificar en función de la granulometría del agregado pétreo, proceso de ejecución, etc., de acuerdo a su granulometría se divide en: De textura abierta y de textura cerrada.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

5.9 BASE

Es una capa resistente formada de suelo granular o estabilizado, que recibe la carga de la carpeta asfáltica y la distribuye en menor intensidad a la capa de abajo, que es la sub base. Debe ser resistente para recibir la carga de arriba y transmitirla a un nivel de esfuerzo adecuado.

Hay diversos tipos de bases:

Base granular: conformada de grava triturada y mezcla natural de agregado fino.

Base estabilizada: suelos con cemento Pórtland, cal o asfalto.



FIG. 5.9.1 CONFORMADO POR MEDIOS MECANICOS DE BASE GRANULAR CASCAJO-TEPETATE EN PROPORCION 70-30

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

FUNCIONES.

Tener la suficiente resistencia estructural que le permita soportar las presiones, que le son transmitidas por los vehículos en marcha a través de la carpeta asfáltica. Debe tener el espesor necesario para que los esfuerzos al ser transmitidos a la capa inferior, no induzcan la aparición de deformaciones.

No debe presentar cambios volumétricos excesivos, ni pérdidas importantes en su capacidad de soporte al variar las condiciones de humedad, además de presentar afinidad con el asfalto de riego de impregnación y ser resistente al intemperismo.

Riego de impregnación: es la acción de aplicar un producto asfáltico a la base para dar un buen enlace entre la carpeta asfáltica y darle mayor resistencia contra el intemperismo

5.10 SUBBASE

Es la capa: de materiales granulares seleccionados de menor calidad que la base que se construye directamente sobre la terracería (capa subrasante).

Esta capa, tiende a reducir el costo del pavimento, si el espesor de la base es de más de 20 cm, conviene sustituir parte de ese espesor, con un material de menor calidad que abunde localmente.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

FUNCIONES.

Soportar los esfuerzos que le transmita la base y distribuirlos adecuadamente a la subrasante

para evitar deformaciones. Además reduce el costo del pavimento al disminuir el espesor de la base que es construida con materiales de mejor calidad.

Sirve para proteger la base, aislándola de la terracería cuando esta constituida por materiales finos plásticos y la primera es de textura abierta, de no existir el aislamiento que se menciona, la base puede contaminarse y variar sus condiciones de humedad con lo que se presentarían cambios volumétricos y reducción de resistencia estructural.

Los materiales de la súbbase, deben ser de características más uniformes y de mejor calidad que los materiales de la terracería. Debe tener el acuñaamiento, cementación y porcentaje de vacíos adecuados para evitar desplazamientos por el transito y resistir la acción de los agentes atmosféricos.



FIG. 5.10.1.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

CONCLUSIONES

PRIMERA: Esta tesis se desarrollo en base a la aplicación de los conceptos adquiridos durante nuestra formación profesional, en combinación con la experiencia laboral adquirida en campo, tomando en cuenta que gran parte de la infraestructura carretera del país constituyen caminos con pavimento flexible de base granular en proporción 70 30 que a la fecha han tenido resultados satisfactorios, ya que dentro de las ventajas que tiene el pavimento flexible, es que puede empezar a dar servicio con forme se construyen los tramos y no es necesario esperar a la conclusión de la obra

SEGUNDA: Con la realización de la presente tesis, se cumple el objetivo mencionado al principio que es dar a conocer a los alumnos de la carrera de ingeniería civil y técnicos en construcción interesados en el área de pavimentos, así como los procesos constructivos en forma clara y descriptiva, desde los trabajos preliminares, selección de materiales y su tratamiento.

TERCERA: El contenido de esta tesis tiene la finalidad de despertar interés de los alumnos en plena formación, de todo el proceso constructivo necesario para construir una via de comunicación terrestre con pavimento flexible en forma grafica, simplificada de obras terminadas y en proceso de construcción.

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

CUARTA; Durante el proceso de investigación técnica, así como la aplicación practica en obra se demuestra que aplicación de estos procesos constructivos benefician a la población en general y en particular a las comunidades rurales que necesitan de accesos con una superficie de rodamiento cómoda, segura y con una resistencia adecuada al transito vehicular, beneficiando asi a los sectores agrícola, ganadero, industrial, comercial, turístico, etc. Con esto reafirmamos lo mencionado en el capitulo.

QUINTA: En cuanto a caminos carreteros se refiere, es importante diseñar aquel proyecto que mas se adapte a la finalidad que se persigue; Considerando que las obras con pavimento flexible deben realizarse en la forma más económica posible, pero cumpliendo con los objetivos para los cuales fueron proyectados, contemplando que una obra debe ser económica en costos de construcción, conservación y/o mantenimiento

ESTRUCTURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL CON PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS VIAS TERRESTRES

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE CAMINOS VECINALES

Rene Techaren.

Edit. Alfa Omega

GEOTECNIA APLICADA A LAS VIAS TERRESTRES

Ing. Hermilo Castillo e Ing. Pedro Adaya

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

MECANIA DE SUELOS

Juárez Badillo

Edit. Limusa (tomo II)

VIAS DE LA COMUNICACIÓN

Carlos Crespo

Edit. Limusa

LA INGENIERIA DE LOS SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES

A. Rico y H. del Castillo.

Edit. Limusa