

Universidad Técnica Particular de Loja
BIBLIOTECA GENERAL



Revisado el 1990-10-25

Valor \$ 200

Nó Clasificación 1990 G543 JC.152

126-p^og.

625 X 170 EIC

625
Construcción de carreteras.
Catamayo
Gonzales
Arrumansa
Loja

625.7
625

Presentada hoy a las 11:00
Loja, a 19-12-89
C. Lario - El S. Lario *LL*



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CONVENIO MOP -- UTPL

**Memoria Técnico - Descriptiva de Construcción
de la Carretera "Catamayo - Gonzanamá - Cariamanga"
previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil**

A U T O R :

Angel Marcelo González Torres

D I R E C T O R :

Ing. Galo Costa Muñoz

LOJA -- ECUADOR

1 9 8 9



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

Ingeniero

Galo Costa Muñoz

CATEDRATICO DE LA UNIVERSIDAD TECNICA
PARTICULAR DE LOJA Y DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido el presente trabajo, previa la obtención del Título de Ingeniero Civil, la misma que cumple con la reglamentación requerida por el Honorable Consejo de Facultad, así como lo programado en el plan de Tesis, por lo que autorizo su publicación.



Ingr. Galo Costa Muñoz

DIRECTOR DE TESIS

Ingeniero

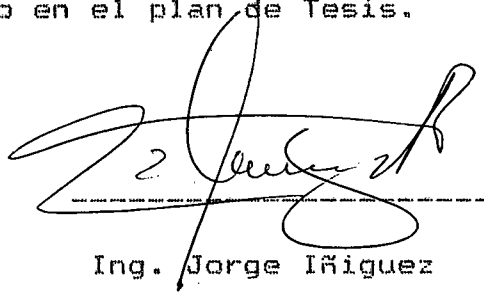
Jorge Iñiguez

CATEDRATICO DE LA UNIVERSIDAD

TECNICA PARTICULA DE LOJA

CERTIFICA:

Haber revisado el presente trabajo, previa la obtención del Título de Ingeniero Civil, la misma que cumple con la reglamentación requerida por el Honorable Consejo de Facultad, así como lo programado en el plan de Tesis.



Ing. Jorge Iñiguez

ASESOR DE TESIS

Ingeniero

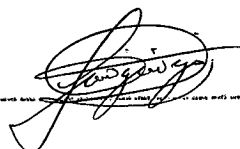
Lauro Mogrovejo

CATEDRATICO DE LA UNIVERSIDAD

TECNICA PARTICULA DE LOJA

CERTIFICA:

Haber revisado el presente trabajo, previa la obtención del Título de Ingeniero Civil, la misma que cumple con la reglamentación requerida por el Honorable Consejo de Facultad, así como lo programado en el plan de Tesis.



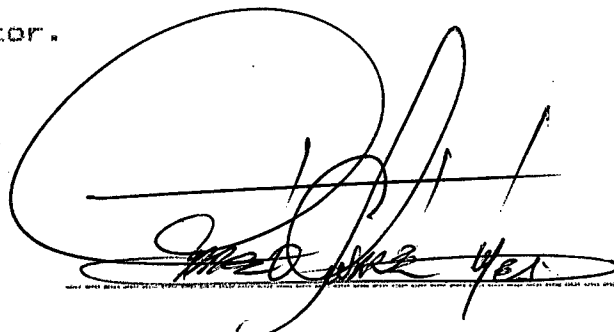
Ing. Lauro Mogrovejo

ASESOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Mi sincero reconocimiento y gratitud a la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil por la formación académica que me ha brindado, a los Profesores por su valiosa colaboración, al Ing. Galo Costa Muñoz quién en su calidad de Director de Tesis, supo dirigir el presente trabajo, como también al Ing. Jorge Iñiguez e Ing. Victoriano Vélez quienes me asesoraron para la realización de este trabajo.

El original del presente trabajo,
diseños, cálculos, resultados, conclu-
siones y recomendaciones que se exponen,
son de exclusiva responsabilidad del
autor.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by a surname that appears to be 'Gonzalez Torres'. The signature is written over a horizontal line.

ANGEL MARCELO GONZALEZ TORRES

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, que confiaron y me apoyaron siempre hasta ver cristalizarse, las aspiraciones y metas propuestas por mí.

A la memoria de mi entrañable hermano Talito, que aunque ausente, siempre nos acompañará.

I N D I C E

1. PAVIMENTOS	
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. DEFINICION Y FUNCION DE LOS PAVIMENTOS	3
1.3. TIPOS DE PAVIMENTOS	4
1.3.1. Pavimento Rígido	4
1.3.2. Pavimento Flexible	5
1.4. PROPOSITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES	7
1.4.1. Soportar y distribuir eficientemente las cargas producidas por los vehículos	7
1.4.2. Debe tener suficiente impermeabilidad	8
1.4.3. Resistir la acción destructora de los vehículos	8
1.4.4. Debe tener resistencia a los agentes atmosféricos	8
1.4.5. Poseer una superficie adecuada al rodamiento	9
1.4.6. Poseer suficiente flexibilidad	9
1.5. REVESTIMIENTO ASFALTICO	9
1.5.1. Tratamientos superficiales bituminosos	10
1.5.2. Mezclas asfálticas	13
1.6. MATERIALES ASFALTICOS	17
1.6.1. Asfaltos Líquidos	17
1.6.2. Cementos Asfálticos	18

1.7. FACTORES INFLUYENTES EN LA ELECCION DEL	
REVESTIMIENTO	19
1.7.1. Tránsito	19
1.7.2. Clima	21
1.7.3. Materiales	23
1.7.4 Aspectos Económicos	24
2. SUBRASANTES, SUB-BASES Y BASES	
2.1. SUBRASANTES	27
2.1.1. Compactación de la Subrasante	32
2.2. SUB-BASES	35
2.2.1 Funciones de la Sub-base	35
2.2.2 Sub-base de agregados	36
2.2.3. Requerimientos de los Agregados Pétreos	
para Sub-bases	39
2.2.4. Distribución y Conformación de la Sub-base	39
2.2.5. Compactación de la Sub-base	40
2.2.6. Control y Acabado Final	41
2.3. BASES	42
2.3.1 Funciones de la Base	42
2.3.2. Bases de Agregados	43
2.3.3. Requerimientos de los Agregados Pétreos	
para Bases	45
2.3.4. Distribución y Conformación de la Capa	
de Base	46
2.3.5. Compactación de Base	47

2.3.6.	Control y Acabado Final	48
2.3.7.	Producción de Agregados para Bases	49
2.4.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	52
2.4.1.	Método de la AASHO aplicada en el Ecuador	52
2.4.2.	Cálculo de Espesores	60
3.	TRATAMIENTOS BITUMINOSOS SUPERFICIALES	
3.1.	DEFINICION Y FUNCIONES DE LOS TRATAMIENTOS BITUMINOSOS SUPERFICIALES	69
3.2.	CARACTERISTICAS BASICAS	70
3.3.	CAPA DE IMPRIMACION	73
3.3.1.	Materiales de Imprimación	74
3.3.2.	Distribución de Asfalto	78
3.4.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	79
3.4.1.	Método Constructivo	82
3.5.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	84
3.5.1.	Método Constructivo	86
3.6.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE	92
3.6.1.	Método Constructivo	96
3.7.	REQUERIMIENTOS DE LOS AGREGADOS	96
3.8.	DOSIFICACION DEL TRATAMIENTO DOBLE SEGUN EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	97
3.8.1.	Tamaño Medio de las Partículas	98
3.8.2.	Relación de Distribución	99
3.8.3.	Cálculo de Proyecto	100
3.8.4.	Observaciones	104
3.8.5.	Datos de Cálculo	108

4. EL CONTROL DE OBRAS	112
4.1. CONTROL CUALITATIVO	114
4.2. CONTROL CUANTITATIVO	115
5. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	118

CAPITULO I

PAVIMENTOS

1.1. INTRODUCCION

A través de la historia, conocemos, que antiguas civilizaciones utilizaron los primeros pavimentos que consistían de estrechas hileras de piedra colocadas de tal forma que permitían el paso de carretas y carrozas para la comunicación de los pueblos aún bajo severas condiciones climáticas.

Sin embargo, la madera también se constituyó en un gran elemento para la construcción de caminos de características estables, pues eran ubicados troncos de madera, unos junto a otros, formando un sistema funcional aunque tosco e irregular.

Los avances en la construcción de los vehículos de ruedas significaron un mejoramiento considerable en el diseño de los caminos, llegando a constituirse en un factor preponderante para el desarrollo de la comunidad y tuvo gran progreso durante el dominio del imperio romano. El espíritu conquistador y guerrero de los romanos hizo que desarrollaran métodos de construcción de caminos que luego proporcionen seguridad y duración.

El método romano consistía en grandes losas de piedra asentadas sobre lechos de piedra triturada y mortero de cemento natural. Aunque resistentes y duraderos, estos caminos dejaron de construirse a raíz de la caída del Imperio Romano; aunque evidentemente, su excesivo costo de construcción influyó grandemente para abandonar este sistema constructivo.

Así quedaron los caminos, abandonados y sin ningún mantenimiento durante mucho tiempo, hasta que la necesidad imperiosa de comunicación de los pueblos, debido al incremento considerable de la población, hace que a fines del siglo XVIII se vuelva a impulsar su construcción, lográndose un avance considerable en esta época, pues los procesos de construcción son más perfeccionados y el avance es más eficiente.

Se puede decir que el proyecto de pavimentos modernos comenzó en Europa, a fines del siglo XVIII a través de los estudios del francés Tresaguet y de los ingleses Thomas Telford y John MacAdam. El método utilizado por estos tres investigadores es similar y consistía en la utilización de piedra machacada cubierta con piedras más pequeñas para la construcción de base y capa de rodadura respectivamente.

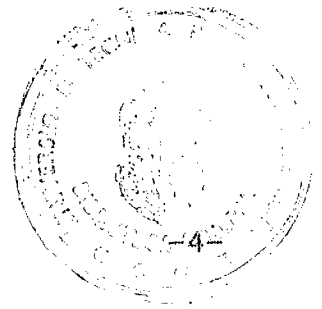
A raíz de la invención de los vehículos a motor, surge la imperiosa necesidad de utilizar nuevas técnicas de construcción de caminos, dándole características de mayor duración, seguridad y amplitud; iniciándose en el uso de los asfaltos para carreteras, mediante la aplicación de variados métodos constructivos.

1.2. DEFINICION Y FUNCION DE LOS PAVIMENTOS.

El pavimento es aquella estructura cuya función primordial es repartir adecuada y suficientemente las cargas producidas por las ruedas de los vehículos que por él circulan, de manera que el suelo que las soporta no sufra falla o deformación excesiva.

El pavimento debe ofrecer una superficie uniforme, no resbaladiza, que sea resistente a la intemperie, protegiendo al suelo que lo soporta de la acción perjudicial de agentes como la lluvia, el sol, el viento y el frío.

El pavimento debe constituirse en una estructura que permita el tráfico de los vehículos en forma eficiente; proporcionando por consiguiente, comodidad y seguridad, según han sido previstos en el proyecto; y, con suficientes cualidades que garanticen su duración.



1.3. TIPOS DE PAVIMENTOS.

Se utilizan dos sistemas muy diferentes para la distribución de cargas: el pavimento rígido y el pavimento flexible.

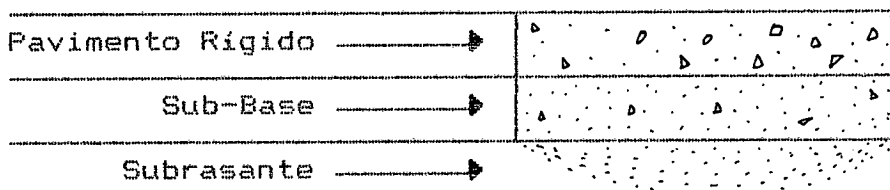
1.3.1. Pavimento Rígido

El pavimento rígido se fundamenta en la acción de una viga que distribuye las cargas por flexión. Debido al alto grado de rigidez y a la resistencia de viga del pavimento de hormigón, las cargas son distribuidas sobre una gran área de la capa portante, las deflexiones son pequeñas y las cargas transmitidas muy reducidas.

El sistema rígido tiene tres componentes: (fig.1.1.a) la losa de pavimento, cuya función primordial es la de servir como superficie de rodadura y el medio preciso para soportar y distribuir las cargas. La sub-base es la capa de material granular que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones son: proteger a la subrasante de la acción de las heladas, facilitar el drenaje de la estructura, resistir la acción de la erosión y al bombeo. La subrasante o terracería, es el suelo natural que soporta el sistema y por consiguiente las cargas transmitidas. Cuando la capacidad portante del suelo es homogénea y los materiales que lo conforman son de

buena calidad, la capa de la sub-base se puede suprimir (fig.1.1.b).

a.



b.



fig. 1.1. Pavimentos Rígidos

1.3.2. Pavimento Flexible

El pavimento flexible distribuye la carga, transfiriendo el esfuerzo de partícula a partícula en todo su espesor. Este tipo de pavimento consta de cuatro componentes: La capa de rodamiento, que permite el tránsito fácil y cómodo y como membrana impermeable para el escurrimiento del agua hacia afuera de la estructura y así evitar las infiltraciones

hacia las capas inferiores, además de soportar la acción destructiva de los vehículos y de los agentes climatéricos. La base es aquella capa de material generalmente granular seleccionado que distribuye las cargas de partícula a partícula, por trabazón, fricción y cohesión. La base debe ser incompresible y lo suficientemente rígida para soportar los esfuerzos transmitidos por la presión de los neumáticos de los vehículos, de manera que al ser repartidas a las capas subyacentes, no excedan la resistencia estructural de éstas. La sub-base también cumple funciones de distribuir las cargas hacia ella transmitidas, pero su función básica es la de filtro, evitando que los materiales de la base se contaminen con una subrasante de grano fino. La subrasante lo constituye el suelo natural o un relleno compactado y es la capa que finalmente soporta la carga. (fig. 2.1.)

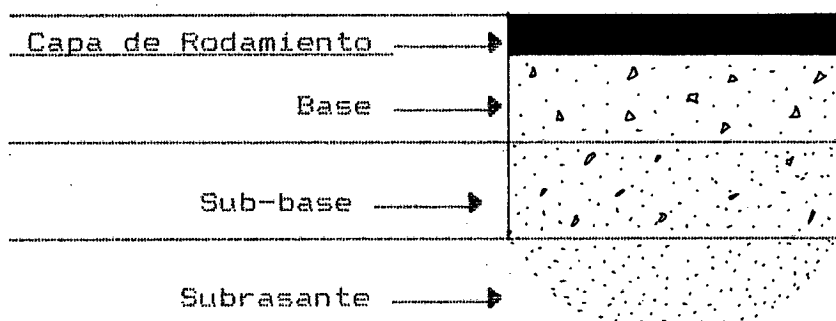


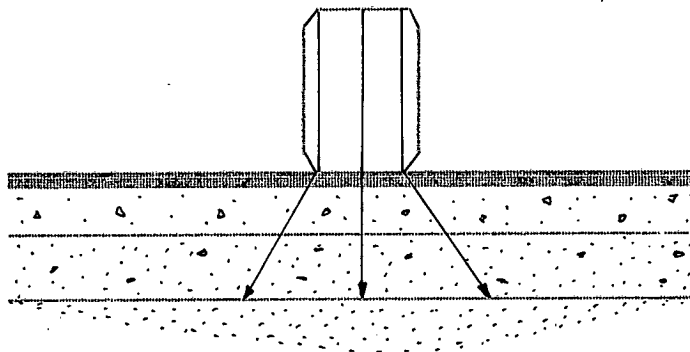
fig. 2.1. Pavimento Flexible

1.4. PROPOSITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Si se observa un control acerca de las funciones principales que un pavimento flexible tiene, se logrará un diseño efectivo y estructuralmente resistente y económico. Es necesario entonces, tener muy en cuenta los siguientes requisitos para el diseño de un pavimento:

1.4.1. Soportar y distribuir eficientemente las cargas producidas por los vehículos.

Un pavimento asfáltico debe estar constituido de tal forma que las cargas sobre él aplicadas no produzcan deformaciones excesivas en la subrasante e impedir se produzcan grietas o fisuras en la estructura del mismo que pueden provocar la falla de todo el sistema.



1.4.2. Debe tener suficiente impermeabilidad.

Aunque el pavimento de asfalto no es totalmente impermeable, se debe procurar que éste tenga suficiente resistencia al paso del agua, evitando la excesiva infiltración del líquido hacia las capas inferiores. Si no se logra este objetivo, el agua de infiltración degradará las capas de base y sub-base, restando su capacidad de soporte, además de correr el riesgo de contaminar el material granular de la sub-base con los finos de la subrasante, que luego por la acción de capilaridad, degradará todo el sistema y por consiguiente producirá su falla.

1.4.3. Resistir la acción destructora de los vehículos.

La acción que producen los vehículos al desplazarse por el pavimento, produce el desgaste de los materiales que conforman la superficie, lo que contribuye al progresivo deterioro de la capa de rodadura; y con el pasar del tiempo, podría complicarse todo el sistema.

1.4.4. Debe tener resistencia a los Agentes Atmosféricos.

El agua, el sol y el viento son agentes desfavorables que actúan directamente sobre la superficie del pavimento,

produciendo progresivo desgaste y alteración de los materiales que lo conforman.

Es importante utilizar materiales que resistan la acción destructora, tanto de agentes físicos como químicos, por lo que se recomienda hacer estudios sobre la calidad de los agregados a utilizarse.

1.4.5. Poseer una Superficie adecuada al rodamiento.

Se requiere de una superficie lisa y uniforme que permita el desplazamiento seguro y cómodo, de características antideslizantes, aún en las más desfavorables condiciones de seguridad.

1.4.6. Poseer suficiente flexibilidad.

El pavimento debe tener características de cierta flexibilidad, que le permitan acomodarse a los pequeños asentamientos producidos en la base y sub-base, evitando de esta manera proceder a reparaciones costosas.

1.5. REVESTIMIENTOS ASFALTICOS

Dentro del estudio de los pavimentos, los revestimientos asfálticos constituyen un elemento fundamental y de especial

consideración, pues de su conocimiento depende la aplicabilidad para un diseño efectivo, seguro y económico de la estructura misma del pavimento.

Generalmente, los revestimientos asfálticos más conocidos son clasificados en dos grupos: Los Tratamientos Superficiales Bituminosos y las Mezclas Asfálticas.

1.5.1. Tratamientos Superficiales Bituminosos

Los Tratamientos Superficiales Bituminosos, se conforman de dos elementos básicos: el agregado y el asfalto. Estos revestimientos se colocan sobre bases y calzadas para cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Asegurar el funcionamiento de la base, que es el principal elemento portante del sistema.
- b) Proporcionar condiciones de resistencia al desgaste de la capa de rodamiento por efectos del tránsito.
- c) Eliminar las irregularidades en la superficie de la base.
- d) Ofrecer una superficie antideslizante y de especiales características de absorción y reflexión de luces naturales y artificiales.

e) Rejuvenecer viejos pavimentos, cuando las fallas de éstos sean superficiales y no estructurales.

1.5.1.1. Paliativo de Polvo

Consiste en una aplicación de asfalto diluido de curado medio o lento que se efectúa sobre una superficie sin previo tratamiento para evitar el levantamiento de polvo al paso de los vehículos. Los asfaltos diluidos de curado lento SC-0 y SC-1 son los más utilizados y aplicados en un rango entre 0,5 y 2 litros/m².

1.5.1.2. Imprimación

Consiste en la aplicación de un material asfáltico de baja viscosidad a una superficie previamente elaborada sobre la cual se ejecutará algún tratamiento o construcción asfáltica. En este caso, el asfalto a utilizarse debe ser líquido y de baja viscosidad, siendo los más aplicados en nuestro medio los de curado rápido como: RC-70 y RC-250.

1.5.1.3. Riego de Liga

Aplicación de un asfalto líquido (de curado rápido o emulsión asfáltica) a una superficie asfáltica o de hormigón

para inducir suficiente adherencia entre esta superficie y la capa asfáltica a colocar sobre ella.

1.5.1.4. Sellado

Esta clase de tratamiento puede realizarse con agregado pétreo de recubrimiento o sin él.

Cuando no se utiliza agregado pétreo, se procede a dar un riego de emulsión asfáltica a la superficie de rodamiento de las calzadas o tratamiento existentes, con el fin de impermeabilizarlas.

1.5.1.5. Lechada Asfáltica

Es una mezcla constituida por emulsión asfáltica de rotura lenta, agregado pétreo fino, filler y agua, convenientemente dosificada, mezclada y distribuida en una delgada capa de pocos milímetros de espesor con la consistencia de una lechada.

Se utiliza este tratamiento para sellar fallas del pavimento existente; mejorar la rugosidad del pavimento, haciendolo más uniforme; y, como sello en pavimentos existentes para hacerlos más impermeables al agua y al aire.

1.5.1.6. Tratamiento Bituminoso Simple

Consiste en una aplicación de material asfáltico sobre una superficie de camino, seguida de una capa de material pétreo graduado uniformemente.

1.5.1.7. Tratamiento Bituminoso Doble y Triple

Consiste en dos o tres aplicaciones sucesivas y alternadas de material asfáltico y de agregado pétreo uniformemente graduado.

1.5.1.8. Tratamiento Superficial Mezcla en Sitio

Consiste en la aplicación de una capa de material asfáltico líquido mezclado con agregado pétreo en una planta mezcladora ambulante, motoniveladoras, rastras o maquinaria especial para mezcla en el camino. Se utiliza el material existente en el camino o en fuentes muy cercanas al mismo.

1.5.2. Mezclas Asfálticas

Las mezclas asfálticas se constituyen en los revestimientos más adecuados y de mejor calidad, ya sea como capa de rodamiento o como elemento de base de pavimentos flexibles. Estos revestimientos, además de impermeabilizar y

asegurar el sistema mismo del pavimento, funciona como elemento estructural cuando soporta y distribuye las cargas ejercidas producto del tráfico y absorbe las tensiones tangenciales producidas en el arranque y frenado de los vehículos. Esto se cumple, debido a la gran cohesión y unidad sólida de los elementos que conforman la mezcla, asegurando resistencia y durabilidad al pavimento. Las mezclas asfálticas más conocidas son las siguientes:

1.5.2.1. Mezcla Asfáltica en Caliente

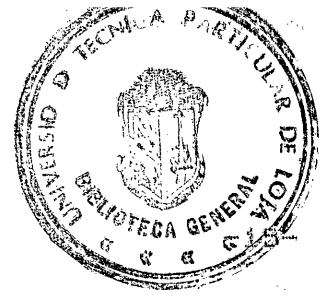
Consiste en una mezcla elaborada en planta central, extendida y compactada mientras está caliente (temperatura > 100°C). El material bituminoso ligante utilizado es el Cemento Asfáltico.

1.5.2.2. Mezcla Asfáltica en Frío

Es una mezcla elaborada en planta central o en el camino, que será distribuida o compactada a temperatura ambiente, utilizando asfaltos líquidos como materiales bituminosos ligantes.

1.5.2.3. Mezcla Asfáltica en Planta

Consiste en una mezcla elaborada en planta central,



en frío o en caliente, utilizando cementos asfálticos o asfaltos líquidos como materiales bituminosos ligantes.

1.5.2.4. Mezcla Asfáltica en Sitio

Consiste en una mezcla en frío, elaborada en el camino utilizando planta mezcladora ambulante o motoniveladoras y empleando asfaltos líquidos como materiales bituminosos ligantes.

1.5.2.5. Macadam Asfáltico

Mezcla utilizada en la construcción de pavimentos empleando áridos gruesos de granulometría abierta que se producen machacando y cribando piedra, escorias o grava. Estos áridos así obtenidos se denominan agregados para Macadam. El asfalto se incorpora al macadam por penetración o por mezclado.

1.5.2.6. Concreto Asfáltico

Es una mezcla de calidad superior, elaborada en caliente, perfectamente controlada. Los agregados utilizados son de alta calidad y bien graduados y se emplea el cemento asfáltico como material bituminoso ligante. Se compacta a altas densidades, formando una masa densa y sólida. Esta

clase de mezcla se la utiliza para pavimentos asfálticos sometido a tráfico pesado.

1.5.2.7. Base Asfáltica

Mezcla de alta calidad, elaborada en planta y en caliente entre un agregado pétreo donde predomina el material retenido en el tamiz # 8 y un cemento asfáltico como material bituminoso ligante.

1.5.2.8. Arena Graduada - Asfalto (Sheet Asphalt)

Consiste en una mezcla elaborada, distribuida y compactada en caliente entre cemento asfáltico y arena limpia bien graduada de partículas angulosas y filler mineral. Es utilizada para capas de carpeta asfáltica. Los agregados pueden constituirse de material fino triturado mezclado con arena natural y con o sin filler.

1.5.2.9. Sheet Asphalt con Piedra

Es una mezcla elaborada, distribuida y compactada en caliente entre un agregado pétreo en la que predomina la fracción menor de tamiz # 8 y cemento asfáltico. En este revestimiento se utiliza hasta el 25% de material retenido en el tamiz # 8, que constituyen los áridos gruesos de la mezcla

1.6. MATERIALES ASFALTICOS

El asfalto es un material aglomerante que generalmente está compuesto de betunes naturales o se obtienen de la destilación del petróleo. Su coloración varía desde un pardo oscuro a negro y de consistencia sólida, semisólida o líquida.

La ASTM considera el siguiente concepto para el asfalto: "Los asfaltos son materiales aglomerantes sólidos o semisólidos, de color que varía de negro a pardo oscuro y que se licúan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo; o combinaciones de éstos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones".

Los asfaltos más utilizados en la elaboración de revestimientos de pavimentos son las que provienen de la destilación del petróleo; así, consideramos dos grupos de asfaltos: Asfaltos Líquidos y los Cementos Asfálticos.

1.6.1. Asfaltos Líquidos

Los Asfaltos Líquidos consisten de mezcla de cemento asfáltico y aceites de poca volatilidad. Su consistencia

blanda y fluida hacen que esté más allá del límite de medida de penetración máxima que es 300. Los asfaltos líquidos se clasifican así:

1. **Asfalto Líquido de Curado Rápido (RC).**- Es un cemento asfáltico disuelto con nafta o gasolina.
2. **Asfalto Líquido de Curado Medio (MC).**- Es un cemento asfáltico con un disolvente de volatilidad media como el kerosene.
3. **Asfalto Líquido de Curado Lento (SC).**- Es un cemento asfáltico disuelto con aceites de poca volatilidad. Puede consistir de un aceite crudo natural o aceite residual de petróleo crudo asfáltico.

1.6.2. Cementos Asfálticos

Los cementos asfálticos consisten de Asfalto Refinado o una combinación de éste con un aceite fluidificante, de consistencia apropiada para obras de pavimentación.

Los cementos asfálticos han sido clasificados según la medida de penetración que es la que determina la dureza de los mismos. El Instituto del Asfalto considera 5 grados de este material bituminoso 40-50; 60-70; 85-100; 120-150 y 200-

300. Los grados determinan la consistencia del cemento asfáltico; así, mientras mayor sea la cifra de penetración, más blando es el material asfáltico. La medida de penetración se la realiza sobre los cementos asfálticos y consiste en la introducción por su propio peso de una aguja normalizada sobre una muestra de asfalto. Si no se especifica de otra manera, la aguja estará cargada con 100 gramos y se aplicará durante 5 segundos y a una temperatura de 25°C. La medida de la penetración en estas condiciones se expresa en décimas de milímetro.

1.7. FACTORES INFLUYENTES EN LA ELECCION DEL REVESTIMIENTO

1.7.1. Tránsito

El tránsito es muy importante analizarlo para la elección del revestimiento más conveniente. El análisis del volumen de tráfico que circulará durante la vida del pavimento es determinante para decidir el tratamiento bituminoso a aplicarse a éste. Aunque no es posible determinar exactamente este volumen para proyectos nuevos, se pueden hacer estimaciones basadas en hipótesis o en base a conocimientos de estos parámetros por la experiencia en otros proyectos.

El Instituto del Asfalto hace la siguiente clasificación del tránsito y recomienda su uso para la elección del revestimiento más adecuado:

Clasificación del Tránsito	Densidad de Tránsito, por carril y por día	
	Volumen diario Automóviles y Camiones Livianos	Volumen Diario Camiones Comerciales y Omnibus
Liviano	25	5
Medio	500	25
Pesado	Ilimitado	250
Muy pesado	Ilimitado	Ilimitado

Tomando como referencia el cuadro, recomienda lo siguiente:

1.7.1.1. Que los Tratamientos Bituminosos Superficiales son recomendables para vías de tránsito liviano y medio; es decir, cuando la circulación de vehículos es de hasta 500 por carril y por día.

1.7.1.2. Que las Mezclas Asfálticas son apropiadas para casos de tráfico pesado y muy pesado.

Sin embargo, otras recomendaciones son más explícitas e indican las siguientes alternativas:

Tráfico	Tipo de Revestimiento
De 0 a 300 vehículos diarios	Tratamiento Bituminoso Simple
De 300 a 700 vehículos diarios	Tratamiento Bituminoso Doble
De 700 a 1500 vehículos diarios	Tratamiento Bituminoso Triple o Mezcla en Planta o en Camino
Mayor de 1500 vehículos diarios	Carpeta Asfáltica de tipo Superior

1.7.2. Clima

El clima no sólo influye en la vida misma del revestimiento, sino también en la elección del tipo de revestimiento; y, en el método constructivo más idóneo.

1.7.2.1. Clima Húmedo

En climas lluviosos deben emplearse en lo posible revestimientos asfálticos utilizando áridos uniformemente graduados, desde el tamaño máximo hasta el polvo mineral.

Se utilizará Cemento Asfáltico en las mezclas, así como en el primer riego de los tratamientos superficiales bituminosos.

Los asfaltos líquidos deben evitarse, debido a los problemas que ocasiona la humedad excesiva en el proceso de curado de los solventes de los ligantes asfálticos.

1.7.2.2. Clima Seco

En estos climas, los asfaltos líquidos son exitosamente utilizados. Los áridos de granulometría abierta también se recomiendan, por la ventaja económica que representan en contraste con los de granulometría cerrada.

Las mezclas asfálticas en frío son soluciones económicas siempre que sean compatibles con los demás requerimientos del proyecto; esto es, el tránsito y especificaciones de calidad.

1.7.2.3. Clima Cálido

Debido a la directa influencia de la temperatura en la velocidad de volatilización de los solventes de los asfaltos, es recomendable utilizar asfaltos diluidos de curado medio o lento o cualquier otro producto de alta viscosidad.

1.7.2.4. Clima Frío

Por la posibilidad de heladas, debe tenderse al uso de las mezclas asfálticas o a los tratamientos superficiales bituminosos con agregados de graduación cerrada. Si se utilizan los tratamientos bituminosos superficiales, se usará cemento asfáltico como primera aplicación.

1.7.3. Materiales

Debido a la gama de materiales ligantes de que se dispone, los productos bituminosos se escogerán de acuerdo al tipo de revestimiento elegido.

Los agregados pétreos merecen un control especial de calidad para ser utilizados en los revestimientos.

Tanto para los tratamientos superficiales bituminosos como para las carpetas Asfálticas, el control de calidad y de granulometría debe llevarse con especial consideración, capaz de obtener una capa de rodadura segura, durable y cómoda para el tránsito.

1.7.4. Aspectos Económicos

El asunto económico es en sí el factor de mayor importancia en la ejecución de un proyecto. Para la adopción de un revestimiento asfáltico, el estudio económico es un parámetro de gran importancia dentro del esquema general del diseño estructural de los pavimentos flexibles; sin embargo, los condicionamientos económicos restringen la envergadura de una obra. Un pavimento no es el más económico porque los costos sean menores, sino aquel que cumple con los requerimientos de calidad y duración y cuyos costos de construcción y mantenimiento sean aceptables y admisibles.

Como consecuencia de lo anteriormente analizado, podemos destacar que las mezclas asfálticas para carpeta y base son elementos estructurales del pavimento y, por lo tanto, el diseño de sus espesores depende de los factores de análisis en los distintos métodos de diseño de pavimentos.

Los Tratamientos Superficiales Bituminosos, generalmente tienen un espesor máximo de 20 milímetros y solamente mejoran las condiciones superficiales de la base, siendo ésta la que soporta y distribuye las cargas provenientes del tránsito.

En general, las capas asfálticas deben ser compatibles estructuralmente con las demás capas de pavimento, procurando que todas soporten y distribuyan los esfuerzos en una forma eficiente y con una rigidez que decrezca gradualmente hacia la subrasante del camino.

En nuestro caso hemos considerado al tratamiento superficial Bituminoso como de un espesor máximo de 20 mm (3/4"), porque es el agregado grueso que generalmente usamos en nuestro medio y específicamente en el proyecto Catamayo-Gonzanamá-Cariamanga.

SELECCION DE REVESTIMIENTOS ASFALTICOS PARA DIFERENTES CATEGORIAS DE TRANSITO,
SEGUN LA VIDA UTIL, CALIDAD Y LOS COSTOS

		TRANSITO LIVIANO		TRANSITO MEDIO		TRANSITO PESADO		TRANSITO MUY PESADO			
		CALIDAD	COSTO	CALIDAD	COSTO	CALIDAD	COSTO	CALIDAD	COSTO		
S E E S R P V E I R C A I D O O	VIDA CORTA	TRATAMIENTO BITUMINOSO SUPERFICIAL SIMPLE		6°	1°	6°	1°	(a)	(a)	(a)	(a)
	VIDA MEDIA	IDEN DOBLE Y TRIPLE		5°	2°	5°	2°	(a)	(a)	(a)	(a)
		MEZCLA EN CAMINO		4°	3°	4°	3°	4°	1°	(a)	(a)
		MEZCLA EN PLANTA		3°	4°	3°	4°	3°	2°	(a)	(a)
	VIDA LARGA	MACADAM (b)		2°	5°	2°	5°	2°	3°	(a)	(a)
		CONCRETO ASFALTICO		1°	6°	1°	6°	1°	4°	1°	1°

(°) Calidad : menor grado = mayor calidad

(°) Costo : mayor grado = mayor costo

(a) Puede ser utilizada en la construcción por etapas, cuando se prevea construir capas adicionales.

(b) El costo para este tipo de revestimiento es variable, depende de las condiciones locales y la disponibilidad de agregados pétreos triturados.



CAPITULO II

SUBRASANTES, SUB-BASES Y BASES

2.1. SUBRASANTES

La subrasante es la capa final del camino, en corte o en relleno, constituida por suelo natural, en muchos casos mejorado, sobre el cual se construirá un pavimento.

El estudio de la subrasante merece especial consideración, pues el conocimiento de los suelos bajo diversas circunstancias nos ofrece seguridad en el diseño del pavimento. La calidad de un suelo que será utilizado como subrasante de apoyo de un proyecto vial, está íntimamente ligada con la capacidad del mismo para resistir las sollicitaciones de diseño.

Sin descuidar otros parámetros representativos para el diseño de pavimentos flexibles, como son: drenaje, condiciones climatéricas, tránsito, aspectos económicos; se constituyen en elementos sumamente importantes e indispensables de conocer, las características físicas y mecánicas de los suelos que forman la subrasante.

La calidad de un suelo puede ser medida cuantitativamente mediante varios métodos: directamente de la obtención de los resultados de ensayos de identificación o de estabilidad (CBR, plato de carga, triaxial) o por medio de fórmulas empíricas obtenidas de los ensayos de laboratorio (Índice de Grupo, Terzaghi).

El valor de Soporte de California representa una medida indirecta de la resistencia al corte de los suelos bajo diversas condiciones de compactación. Su valor específico consiste en una medida de la capacidad para soportar esfuerzos y que es utilizada en el diseño de los pavimentos flexibles.

El Índice de Grupo de los Suelos está expresado por un número y representa una de las medidas cuantitativas de la calidad de los suelos como subrasantes. El cálculo de este índice está basado en los ensayos típicos de la identificación de suelos: Límite, Líquido, Límite Plástico y Granulometría.

El Índice de Grupo separa grupos de suelos para aplicación en la construcción vial (tabla 2.1.) y viene dado por un número entre 1 y 20 que se obtiene de la fórmula:

Grupo de Suelo.-

Clasificación de Materiales para Subrasantes (H.R.B) del HIGHWAY RESEARCH BOARD

Grupo	Sub-grupo	Porcentaje que pasa, tamiz U.S. Nº			Carácter de la fracción que pasa el tamiz Nº 40		Índice de grupo Nº	Descripción del suelo	Calidad como subrasante
		10	40	200	Límite líquido	Índice de plasticidad			
A-1			50 máx	25 máx		6 máx	0	Grava o arena de buena graduación puede incluir finos Mayormente gravas, pero puede incluir arena y finos Arena gravosa o arena graduada; puede incluir finos	Satisfactoria con buen drenaje y con adición de ligantes finos
	A-1-a	50 máx	50 máx	15 máx		6 máx	0		
	A-1-b		50 máx	25 máx		6 máx	0		
A-2†	A-2-4			35 máx 35 máx	40 máx	10 máx	0 a 4 0	Arena y gravas con exceso de finos Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad Arenas, gravas con finos de limo elásticos Arenas, gravas con finos de arcilla Arenas, gravas con finos de alta plasticidad	Excelente a buena
	A-2-5			35 máx	41 mín	10 máx	0		
	A-2-6			35 máx	40 máx	11 mín	4 máx		
	A-2-7			35 máx	41 mín	11 mín	4 máx		
A-3			51 mín	10 máx		Nº plás.	0	Arenas finas	
A-4				36 mín	40 máx	10 máx	8 máx	Limos de baja compresibilidad	
A-5				36 mín	41 mín	10 máx	12 máx	Limos muy compresibles, limos micáceos	Regular a pobre
A-6				36 mín	40 máx	11 mín	16 máx	Arcilla de compresibilidad baja a media	
A-7				36 mín 36 mín 36 mín	41 mín 41 mín 41 mín	11 mín 11 mín 11 mín	20 máx 20 máx 20 máx	Arcilla de alta compresibilidad Arcilla limos de alta compresibilidad Arcilla de alta compresibilidad y alto cambio de volumen	
A-8								Turba, suelos muy orgánicos	No satisfactoria

† El grupo A-2 incluye todos los suelos en los que el 35% o menos pasa por el tamiz Nº 200, que no pueden clasificarse como A-1 ó A-3.

! El índice de plasticidad de A-7-5 es igual o menor que LL-30; el de A-7-6 es mayor que LL-30.

$$IG = 0,2a + 0,005a.c + 0,01b.d$$

en donde:

a= parte del % que pasa el tamiz # 200, superior a 35 y máximo 75; expresada como un número entero positivo de 1 a 40

b= Parte del % que pasa el tamiz # 200, superior a 15 y máximo 55; expresado como un número entero positivo de 1 a 40

c= Parte del límite líquido, mayor de 40 y no superior a 60; expresada como un número entero positivo de 1 a 20

d= Parte del Índice Plástico, mayor de 10 y no superior a 30; expresada como un número entero positivo de 1 a 20

El Índice de Grupo solamente analiza las características físicas del suelo y no las propiedades mecánicas del mismo.

Siendo absolutamente indispensable considerar las tensiones normales y esfuerzos de corte sobre la estructura, las condiciones de humedad y densidad, el método de CBR es el más utilizado en la determinación de la calidad del suelo a utilizarse en un proyecto de pavimentación. El método de CBR abarca desde las bases hasta las subrasantes, en cambio el Índice de Grupo se utiliza en algunos casos para valorar materiales para subrasantes únicamente.

Según la experiencia, se tienen recomendaciones obtenidas del conocimiento del CBR para emplear suelos en la construcción vial:

CBR	Clasificación
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
11 - 20	Subrasante regular o buena
21 - 30	Subrasante muy buena
31 - 50	Sub-base buena
51 - 80	Base Buena
81 - 100	Base muy Buena

El Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) o de capacidad de Soporte del Suelo consiste en someter a un suelo compactado en un cilindro normalizado a esfuerzos de penetración. El suelo compactado se satura bajo una presión de confinamiento similar al peso del futuro pavimento, para determinar su posible hinchamiento bajo las peores condiciones de humedad que pudieran presentarse en la obra. Con un pistón de aproximadamente 5 centímetros de diámetro se presiona contra el suelo a una velocidad fija de 0,05 pulgadas por minuto, para determinar la resistencia a la penetración. El CBR es la relación entre la carga real necesaria para producir una deformación de 2,54mm o 5,08mm y la que se requiere para producir la misma deformación en una piedra triturada típica.

2.1.1. Compactación de la Subrasante

Debe tenerse especial cuidado en la compactación de los suelos a nivel de subrasante y en cada capa de suelo que se utilice para la construcción de terraplenes.

El suelo de fundación de pavimentos flexibles tienen secciones tanto en corte como en relleno y consistente de materiales cohesivos y sin cohesión, donde los requerimientos de densidad de los mismos se establecen en las especificaciones contractuales.

Según el material componente del suelo de fundación, depende el procedimiento de compactación.

2.1.1.2. Compactación de Suelos Cohesivos

El control de la humedad en la compactación de suelos cohesivos es de fundamental importancia, debido a la influencia del agua en la densificación eficiente de la subrasante.

Según el esfuerzo de compactación especificado, el contenido de humedad se lo realiza en el terraplén mediante el riego o humedecimiento, remoción o aereamiento, según sea necesario.

El espesor de las capas no debe ser mayor a 20 centímetros, excepto en los casos en que el material contenga más de un 25% de piedras de tamaño mayor a 15 centímetros; en estos casos, se colocarán capas suficientes de contener el material granular de diámetro mayor, pero no superior a 60 centímetros. Este procedimiento es aplicable hasta una altura no menor a 60 cm., medida desde el nivel de la subrasante hasta la última capa de material en cuestión, completando el resto del terraplén con suelo relativamente fino y en capas no mayores a 20 centímetros, no permitiendo piedras mayores a 10 centímetros en la construcción de estas capas finales.

En general, para la compactación de suelos cohesivos se emplean rodillos vibratorios de gran peso, pudiéndose elegir entre los lisos y los pata de cabra.

En suelos arcillosos es altamente eficiente el uso de los rodillos vibratorios pata de cabra, con espesores de capa de hasta 30 centímetros, llegando al 100% de la densidad máxima.

Evidentemente, el uso de los rodillos vibratorios es más ventajoso y eficiente que los de carga estática, debido a la combinación de fuerzas dinámicas y estáticas que los primeros transmiten al suelo, provocando el mejor acomodo de las partículas, haciendo que su volumen sea el menor posible.

2.1.1.3. Compactación de Suelos sin Cohesión

Los suelos sin cohesión lo constituyen las gravas, arenas o el sistema arena-grava. La compactación de estos suelos se lo hace eficientemente cuando se encuentran secos o en estado de saturación.

Por lo general, las gravas, arenas o la mezcla grava-arena nunca están secas, por lo que se procede a saturarlos antes de proceder a la compactación. El empleo de rodillos vibratorios o de rodillos de llantas neumáticas pesados son los más aconsejables para una buena compactación.

El grado de compactación relativa se logrará con el equipo apropiado y según el material que forme el suelo de fundación, recomendándose según sea el caso, los siguientes valores:

Compactación Relativa (%)	Superficie o Capas
90	Terreno natural en zonas de relleno
95	Terreno natural en zonas de corte
95	Terraplenes o Rellenos
97	Subrasante con suelo seleccionado

2.2. SUB-BASES

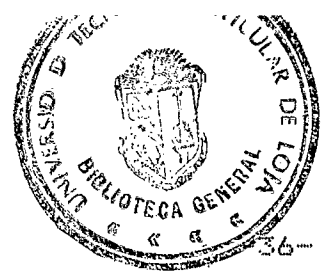
La Sub-Base es aquella capa de material seleccionado que se construye sobre la subrasante. Las sub-bases se requieren y utilizan sobre suelos débiles, para evitar las excesivas deformaciones de la Subrasante.

En algunos casos se prescinde de esta capa cuando la calidad de Subrasante es muy buena o mejorada, colocándose directamente la base.

2.1.1. Funciones de la Sub-Base

Son funciones principales de la sub-base, las siguientes:

1. Soportar y distribuir las cargas de tráfico hacia la subrasante de manera que esta las absorba sin sufrir excesivas deformaciones.
2. Cumple las funciones de filtro, evitando que el agua proveniente de la subrasante contamine a la base con los finos y por consiguiente degrade la calidad misma de la estructura.



3. Disminuye significativamente los costos de construcción, puesto que los materiales necesarios para esta capa son de fácil obtención y de menor precio que los utilizados para las capas superiores.
4. Para efectos de construcción, sirve como superficie de rodadura mientras no se continúe con la construcción de las otras capas del pavimento.
5. Sirve como superficie de rodadura para caminos afirmados, en cuyo caso, el espesor es mayor que si hubiera sido utilizada como elemento de un pavimento flexible.
6. Evitar los efectos negativos de la acción de las heladas.

2.2.2. Sub-Bases de Agregados

Para la construcción de la sub-base se requiere de agregados gruesos triturados o cribados, mezclados con material fino producto de trituración o suelo fino seleccionado.

Esta capa se colocará sobre la subrasante debidamente acabada, es decir, cumpliendo con los alineamientos,

espesores, pendientes y secciones transversales que se indican en los planos.

Las sub-bases se clasifican en tres tipos, según las Especificaciones Generales MOP-001-F-1976:

2.2.2.1. Sub-base Clase 1

Está formada por agregados obtenidos de la trituración de gravas o piedras que cumplan con las exigencias de resistencia, durabilidad, que estén limpias y libres de materia orgánica y arcilla; y, cumplan con las especificaciones de graduación, de grueso a fino, según las normas establecidas en la tabla 2.2.1.

2.2.2.2. Sub-base Clase 2

Se constituye con agregados producto del cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas. Las exigencias de calidad para esta Sub-base son las mismas que para la clase 1 y las exigencias de granulometría constan en la tabla 2.2.1.

2.2.2.3. Sub-base Clase 3

Estas son sub-bases construidas con agregados fuentes de préstamo. Las exigencias de calidad son similares a las de clase 1 y clase 2.

En este tipo de sub-base, se triturará, cribará o mezclará el material para cumplir con las especificaciones. La granulometría necesaria para esta Sub-base se describe en la tabla 2.2.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa por los tamices de malla cuadrada, métodos AASHO T-11 y T-27		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76,2mm)			100
2" (50,4mm)		100	---
1½" (38,1mm)	100	90-100	---
Nº4 (4,75mm)	30-70	40-80	50-90
Nº200 (0,075mm)	0-15	0-20	0-25

Tabla 2.2.1. Especificaciones de graduación para Sub-bases

Para la obtención de agregados triturados para Sub-bases Clase 1, se procederá conforme al numeral 2.3.7., que es el método de obtención de áridos triturados para Base Clase 1. Para Sub-base Clase 2, se procederá como en 2.3.7.4., para obtención de grava seleccionada.

2.2.3. Requerimientos de los Agregados Pétreos para Sub-bases

1. Deben cumplir con las granulometría descrita en la tabla 2.2.1., según la clase utilizada. Esta graduación será comprobada tanto en planta como cuando ha sido distribuida en el camino.
2. Los agregados gruesos tendrán un porcentaje máximo de desgaste, según el ensayo de Abrasión, de 50% a 500 revoluciones.
3. La porción de finos que pasen por el tamiz # 40, debe cumplir con los siguientes requisitos:
Límite Líquido < 25
Índice Plástico < 6

2.2.4. Distribución y Conformación de la Sub-base

Los agregados de Sub-base mezclada en planta, deben ser transportados por volquetes hacia la plataforma de camino, evitando el derramamiento de los mismos en el trayecto.

El material será distribuido en franjas de espesor uniforme, de manera que las actividades de conformación y compactación de esta capa se desarrollen bajo las mejores

condiciones de trabajo, asegurando eficiencia y rendimiento, evitando futuras reparaciones costosas.

Cuando la mezcla se la efectúa en sitio, los agregados gruesos se esparcirán sobre la subrasante en capas uniformes y luego se distribuyen los finos que integran la mezcla. Con motoniveladoras o mezcladoras se procederá al mezclado de los agregados para finalmente ser esparcidos, conformados y compactados hasta obtener la densidad especificada, así como se cumplirá con la uniformidad y alineamiento según consta en los planos.

Cuando la capa de sub-base aún no ha sido compactada, no se permitirá el tráfico vehicular sobre ella sino hasta que se haya cumplido con tales trabajos.

2.2.5. Compactación de la Sub-base

En la compactación de la Sub-base es sumamente importante el buen mezclado de los materiales con el fin de obtener uniformidad, buena granulometría y la humedad deseada.

Los materiales de sub-base con índice de plasticidad entre 2 y 5 son evidentemente sensibles a la acción del agua; esto es, según varía el contenido de agua de moldeo se obtendrá un grado de densificación y resistencia.

En esta clase de suelo, se procederá a la compactación con el óptimo contenido de humedad o con un porcentaje ligeramente menor. Si el suelo es no plástico, la compactación deberá hacérsela con el material en estado saturado.

Las capas de sub-base a compactarse no deben ser superiores a 20 centímetros (15 centímetros después de la compactación), pudiendo utilizarse los rodillos vibratorios, rodillos neumáticos o los rodillos de cilindros lisos que son los más adecuados para esta clase de material.

La compactación se hará desde los extremos hacia el centro de la capa, en sentido paralelo al eje de la vía, traslapando en cada pasada la mitad del ancho de la cobertura anterior.

El grado de compactación para sub-bases es el 100% de la máxima densidad obtenida según el ensayo AASHO T-180, método D; excepto en el caso que las especificaciones contractuales lo modifiquen.

2.2.6. Control y Acabado Final

La granulometría de los agregados se comprobará mediante los ensayos T-11 y T-27 de la AASHO, luego de la mezcla en planta o del mezclado en sitio.

La densidad máxima y Optima Humedad se las determinará por el método AASHO T-180, método D.

La Densidad de Campo será controlada según AASHO T-147 o usando equipo nuclear.

El promedio del espesor de la sub-base terminada será igual o mayor al espesor indicado en los planos, pero en ningún caso superará los dos centímetros. Las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de dos centímetros de las cotas establecidas.

2.3. BASES

La capa de base es aquella que se construye directamente sobre la sub-base terminada y está constituida por agregados seleccionados.

Esta es la capa más importante del pavimento, por lo que se requiere para su construcción, materiales de alta calidad. Las especificaciones para los agregados de esta capa son más exigentes que para los utilizados en las sub-bases.

2.3.1. Funciones de la Base

Las funciones principales son las siguientes:

1. Absorber la mayor parte de los esfuerzos provenientes del tráfico vehicular y distribuirlos hacia las capas subyacentes (sub-base y subrasante), de tal forma que no produzcan exageradas deformaciones sobre éstas. Esta capa se constituye en el principal elemento portante del sistema de sistema del pavimento.
2. Funciona como capa drenante del agua capilar proveniente de la sub-base y subrasante, impidiendo que llegue a la capa de rodadura.
3. Reducir al mínimo los efectos de la acción de las heladas.
4. Sirve como capa de rodadura en caminos de tráfico liviano.

2.3.2. Bases de Agregados

Esta clase de bases se construyen con agregados triturados o de agregados previamente triturados o solamente cribados, estabilizados con finos provenientes de trituración o suelo fino seleccionado, o ambos.

Estos materiales serán limpios y libres de materia orgánica, resistentes y durables, evitando partículas alargadas susceptibles de fragmentación.



Esta capa se colocará sobre la sub-base o directamente sobre la subrasante, debidamente acabadas y aprobadas conforme a las especificaciones establecidas.

Las bases de agregados se clasifican de la siguiente manera:

1. Base, Clase 1.- Estas bases están construidas de agregados pétreos gruesos y finos, triturados en un 100%, mezclados en planta y cumpliendo las exigencias granulométricas según se indica en la tabla 2.3.1.

2. Base, Clase 2.- Se construyen con agregados de los cuales por lo menos el 50% por peso de los materiales gruesos sean triturados y mezclados en planta, cumpliendo las normas de calidad establecidas en las especificaciones. Estos agregados deben cumplir con la granulometría descrita en la tabla 2.3.1.

3. Base, Clase 3.- Estas bases están construidas con agregados de los cuales por lo menos el 25% por peso de los materiales gruesos sean triturados, y mezclados perfectamente en planta y cumpliendo con las exigencias granulométricas descritas en la tabla 2.3.1.

4. Base, Clase 4.- Estas bases se construyen de agregados obtenidos por medio del cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, debiendo cumplir con las exigencias de calidad similares a los anteriores tipos de bases.

2.3.3. Requerimientos de los Agregados Pétreos para Bases

1. Los agregados deben cumplir con la granulometría descrita en la tabla 2.3.1., según la clase utilizada, Esta graduación será comprobada tanto en planta como cuando han sido distribuidas en el camino.
2. Los agregados gruesos tendrán un porcentaje máximo de desgaste, según el ensayo de abrasión, de 40% a 500 revoluciones.
3. La porción de finos que pasen por el tamiz # 40 deben cumplir con los siguientes requisitos:
Límite Líquido < 25
Índice Plástico < 6
4. Los finos tendrán un equivalente de arena no menor a 30, si así se indica en los planos o disposiciones especiales.

Tabla 2.3.1 Especificaciones de graduación para
Bases de Agregados

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa por los tamices de malla cuadrada, métodos AASHO T-11 y T-27				
	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	2" máx.	½" máx.			
2" (50,8mm)	100	100			100
1½" (38,1mm)	70-100	70-100			---
1" (25,4mm)	55-85	55-85	100		60-90
¾" (19,0mm)	50-80	60-90	70-100	100	---
⅜" (9,5mm)	35-70	45-75	50-80	---	---
Nº4 (4,76mm)	25-50	30-60	35-65	45-80	20-50
Nº10 (2,00mm)	20-40	20-50	25-50	30-60	---
Nº40 (0,425mm)	10-25	10-25	15-30	20-35	---
Nº200 (0,075mm)	2-12	2-12	3-15	3-25	0-15

2.3.4. Distribución y Conformación de la Capa de Base

Antes de iniciar la colocación de la capa de base, los trabajos de la sub-base deben estar completamente terminados y cumpliendo las especificaciones contractuales y de diseño. La superficie de la obra básica debe estar libre de materiales sueltos y extraños que puedan contaminar a los agregados que conforman tanto a la Sub-base como a la Base.

Los agregados mezclados en planta serán transportados por volquetes hacia la plataforma del camino, evitando el derramamiento de los mismos en el trayecto. El material será esparcido en franjas de espesor uniforme, permitiendo que las

actividades de conformación y compactación se desarrollen bajo las mejores condiciones de seguridad y comodidad.

Si la mezcla se la efectúa en la vía, los agregados gruesos se esparcirán sobre la capa de Sub-base en franjas uniformes para luego distribuir los finos sobre esta capa. Pueden haber tantas capas como agregados sean necesarios para mezclar y cumplir con la granulometría especificada. Luego serán mezclados completamente utilizando motoniveladora o máquinas mezcladoras, para finalmente ser esparcidos, conformados y compactados.

Cuando la base aún no han sido terminada, no se permitirá el tráfico vehicular sobre ella sino hasta que se haya terminado completamente esta capa.

2.3.5. Compactación de Base

La compactación de esta capa comenzará inmediatamente después que los agregados han sido esparcidos y conformados por la máquina distribuidora.

En general, la máxima densidad se obtiene bajo condiciones tales que los agregados tengan el óptimo contenido de humedad, en consecuencia, se mantendrá este rango de humedad en el proceso de compactación. El

seguimiento de la compactación mediante el ensayo de laboratorio determinará la humedad óptima para la obtención de la densidad máxima.

El espesor de la capa de base compactada no deberá ser superior a 15 centímetros y el método de compactación es similar al seguido para Sub-base de agregados.

Las máquinas más adecuadas para la compactación de las capas de base de agregados graduados, son los rodillos metálicos lisos vibratorios o los rodillos de llantas neumáticas pesados, procurando que estos trabajos se los ejecute inmediatamente después de haber sido convenientemente esparcidos.

El grado de compactación para las capas de base es el 100% de la densidad máxima obtenida según el ensayo AASHO T-180, método D; excepto en el caso que las especificaciones contractuales lo modifiquen.

2.3.6. Control y Acabado Final

La Granulometría de los agregados se comprobará mediante los ensayos T-11 y T-27 de la AASHO, luego de la mezcla en planta o después del mezclado en sitio.

La Densidad Máxima y Optima Humedad se las determinará por método AASHO T-180, método D.

El contenido de partículas finas será determinado según AASHO T-196.

El promedio del espesor de la base terminada será igual o mayor al espesor indicado en los planos, pero en ningún punto de proyecto variará en más de un centímetro.

Las cotas de la superficie terminada no podrán variar en más de 1,5 centímetros de las cotas establecidas.

2.3.7. Producción de Agregados para Bases

Siendo la capa de base construída de material seleccionado, la obtención de agregados triturados para su construcción es como sigue:

2.3.7.1. Obtención de Grava

1. Todo el material menor a 10 centímetros será eliminado por tamizado, a través de una criba de 4" y no será utilizado para la producción de Base Clase 1.

- 2 El material de dimensiones mayores será reducido a tamaños menores a 30 centímetros para ser triturados.
3. El material obtenido según (2), así como el obtenido por tamizado entre 10 y 30 centímetros, será el que se triture para producir los agregados para Base Clase 1.

2.3.7.2. Obtención de Piedra

1. En la explotación de canteras, todo el material menor a 30 centímetros será triturado.
2. El material de dimensiones mayores será reducido a tamaños menores a 30 centímetros, para ser triturado.
3. El material obtenido según se indica en (1) y (2), será triturado para producir los agregados para la capa de Base Clase 1.

Los agregados así obtenidos serán separados en dos o más tamaños para ser mezclados en planta.

2.3.7.3. Obtención de Piedra de Trituración Natural

1. El material adecuado producto de la explotación de la piedra será cribada para obtener los agregados en los tamaños especificados.

2. El material de dimensiones mayores será reducido a tamaños menores a 30 centímetros, para ser triturado.
3. El material obtenido según (1) y (2), será triturado para producir los agregados de trituración natural para Bases.
4. El material menor a 3/8", deberá cumplir las exigencias sobre Límite Líquido e Índice de Plasticidad, para ser cribado.

Los agregados obtenidos serán separados en dos o más tamaños para ser mezclados en planta.

2.3.7.4. Obtención de Grava Seleccionada

Los agregados de grava seleccionada utilizados para la construcción de la Base Clase 4, se obtienen de la siguiente manera:

1. El material adecuado proveniente de la explotación de la grava será cribada para obtener los agregados en los tamaños exigidos.
2. El material menor a 3/8", debe cumplir con las exigencias sobre los límites de consistencia, para ser cribados.

3. El material obtenido según (1) y (2) será el utilizado para producir los agregados para base de grava seleccionada.

2.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

2.4.1. Método de la AASHO aplicada en el Ecuador

El procedimiento de diseño por este método, utiliza dos nomogramas desarrollados en base de la información obtenida del Ensayo de Carretera de la AASHO (figs. 2.4.1. y 2.4.2).

Para el uso de estos nomogramas, se necesita información acerca de cinco factores que influyen directamente en el diseño del pavimento. Estos factores son analizados de la siguiente manera:

a) Servicio.- Los pavimentos son diseñados para un nivel de servicio deseado al final de un período de diseño seleccionado o luego de ser sometido a un determinado volumen total de tránsito.

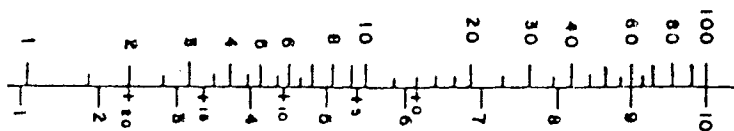
El Índice de Servicio Final (Pt) se basa en el parámetro más bajo que será tolerado antes de que sea necesario el refuerzo o reconstrucción del pavimento. El Índice de

Servicio puede ser definido como la capacidad de un pavimento de servir al tránsito vehicular, bajo diversas condiciones de volumen. La escala establecida para determinar este índice está de 0 a 5. Para el diseño de carreteras principales se utiliza un $Pt=2,5$; y, para caminos con menores volúmenes de tránsito, $Pt=2,0$.

- b) Resistencia de la Subrasante.- El valor de soporte de la subrasante está determinado por el CBR de diseño obtenido de la curva Densidad-CBR para el 90% de la densidad máxima.

Se tomarán en cuenta los valores de CBR obtenidos para los suelos representativos de la Subrasante para algún tramo de proyecto. El CBR de diseño es aquel que corresponde al 90% de los valores de soporte obtenidos.

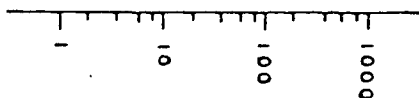
CBR DE DISEÑO (ECUADOR)



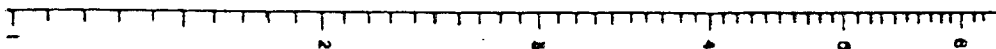
S-VALOR DE SOPORTE DEL SUELO (AASHO)

+ INDICE DE GRUPO

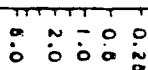
APLICACIONES DE CARGA DE EJES
SIMPLES EQUIVALENTES AL DE 8180 KGS
(CIENTOS DE MILES)



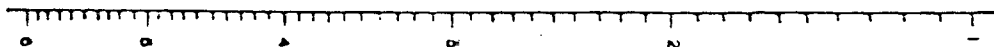
NE NUMERO ESTRUCTURAL



R-FACTOR REGIONAL



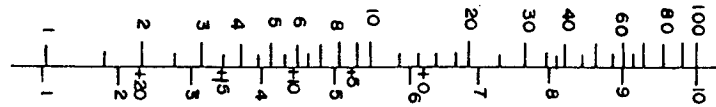
NE-NUMERO ESTRUCTURAL CORREGIDO



EL NOMOGRAMA ES IGUAL AL INDICADO EN "AASHO INTERIM GUIDE" 1972
PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS, EXCEPTO LA ESCALA
DE VALORES CBR CUYA CORRELACION SE INDICA EN EL APENDICE IX-1

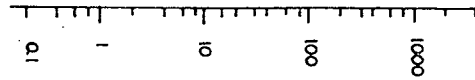
NOMOGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, P.F. 2.0
(NOMOGRAMA AASHO 400-1)

CBR DE DISEÑO (ECUADOR)

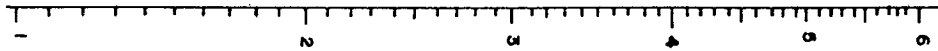


S - VALOR DE SOPORTE DEL SUELO - (AASHO)
 † INDICE DE GRUPO

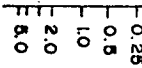
APLICACIONES DE CARGA DE EJES
 SIMPLES EQUIVALENTES AL DE 8.180 KGS
 (CIENTOS DE MILES)



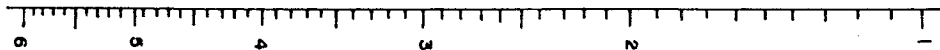
NE - NUMERO ESTRUCTURAL



R - FACTOR REGIONAL



NE - NUMERO ESTRUCTURAL CORREGIDO



EL MONOGRAMA ES IGUAL AL INDICADO EN "AASHO" INTERIN GUIDE " 1972
 PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS, EXCEPTO LA ESCALA
 DE VALORE CBR CUYA CORRELACION SE INDICA EN EL APENDICE IX-1

NOMOGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, P= 2,5

c) Tráfico.- Primeramente debe determinarse el volumen de tráfico y luego clasificarlo según los diversos tipos de vehículos. En nuestro país los vehículos son clasificados así: Buses mixtos, camiones de dos ejes, camiones de tres ejes y tanqueros. En este diseño, los vehículos livianos no son tomados en cuenta por el relativo reducido efecto que éstos tienen, en comparación con los de tipo pesado.

El tráfico esperado al final del período de diseño se determina por:

$$T_n = t(1+i)^n$$

Siendo:

T_n = Tráfico esperado al cabo del período de diseño

t = Tráfico promedio diario anual del primer año

i = Índice de crecimiento de tráfico: 10% para livianos, 7% para pesados, según los niveles nacionales de crecimiento.

n = período de diseño en años

Determinado el porcentaje de los diversos tipos de vehículos, sus cargas deben ser transformadas a ejes equivalentes a 18.000 libras (8.180Kg). El ábaco 2,4,3 nos sirve para este proceso: Se asume un valor de número estructural (que luego será corregido) y se obtiene el número de ejes equivalentes. Una vez determinados los factores de equivalencia se obtienen las cargas equivalentes a 8180

Kilogramos, multiplicando los diferentes porcentajes de cada tipo de vehículos por los respectivos factores de equivalencia. La sumatoria de estos productos determina el factor equivalente de ejes medio (F.E.M.).

Para calcular la equivalencia total de ejes de 8189 kilogramos, calculamos el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

$$TPDA = \frac{t + I_n}{2}$$

El valor del tráfico promedio total (TPT), se determina por:

$$TPT = TPDA \times 365 \times n \times d \times FEM$$

Siendo:

n= número de años (10 -20)

* Los pavimentos flexibles para un diseño de 10 años son más económicos.

d= porcentaje de distribución del tráfico por carril

En carreteras de 2 carriles, cada uno soporta la mitad del tráfico.

c) Factor Regional.- Como ya lo hemos visto, las condiciones climáticas y ambientales, variables de un lugar a otro, tienen directa influencia sobre los pavimentos porque afectan la estabilidad de los mismos.

Factores como: humedad, drenaje, topografía, temperatura; deben ser evaluados en los sectores donde pueden presentarse.

La reducción del servicio bajo diversas condiciones climáticas, hace que se considere a la precipitación pluvial como el factor más influyente. En nuestro medio se puede determinar el factor regional dentro de una escala entre 0,25 y 2,00; debido a que no estamos bajo condiciones de congelamiento.

El factor regional puede ser obtenido de una escala de valores, luego de relacionarlo directamente con la precipitación pluvial, del cuadro 2.4.

Cuadro 2.4.
Relación entre la Precipitación Pluvial y
el Factor Regional

Precipitación Pluvial Anual (mm)	Factor Regional
menor de 250	0,25
250 - 500	0,150
500 - 1000	1,00
1000 - 2000	1,50
2000 - 3000	1,75
más de 3000	2,00

e) Propiedades Estructurales de los Materiales y Capas de Pavimento.- Este aspecto está expresado a través de un

valor denominado Número Estructural (NE). Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural del pavimento requerida para una combinación dada de valor de soporte del suelo, de las cargas totales equivalentes de ejes simples de 8180 Kilogramos, del índice de servicio final y del factor regional.

El número estructural requerido nos da el valor total del espesor del pavimento, y debe ser convertido a espesores reales de capa de rodadura, base y Sub-base, por medio de coeficientes estructurales que representen la resistencia relativa del material de cada capa.

El número estructural se expresa por:

$$NE = a_1H_1 + a_2H_2 + a_3H_3 \dots$$

Siendo:

NE = número estructural

$a_1; a_2; a_3$ = Coeficientes estructurales de las capas de superficie, base y sub-base respectivamente.

$H_1; H_2; H_3$ = Espesores Reales de las Capas.

Los coeficientes estructurales de cada material sirven para convertir el número estructural a espesores reales. Estos coeficientes representan la relación empírica entre el número estructural y el espesor, y es una medida de la relativa capacidad del material para funcionar como elemento estructural del pavimento.

Estos coeficientes se obtienen de la tabla 2.5. según la capa de pavimento.

2.4.2. Cálculo de Espesores

En este diseño hemos tomado los datos reales utilizados para el proyecto Catamayo-Gonzanamá-Cariamanga.

a) Índice de Servicio Final: 2,0 → valor adoptado para el proyecto Gonzanamá-Cariamanga.

b) Resistencia de la Subrasante: Procedemos al cálculo del CBR de diseño de cada zona analizada (3 tramos).

Primer Tramo: 0+000 - 2+500

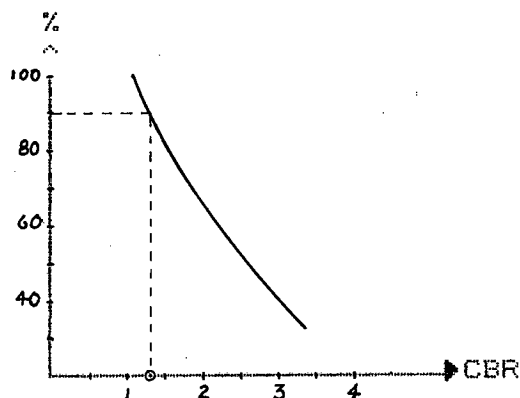
Tercer Tramo: 18+500 - 25+283

En este caso, se procede al análisis estadístico, excepto para el primer tramo en el cual, debido a la reducida cantidad de valores de CBR, no es posible este estudio. Sin embargo, asumiremos el CBR de diseño del tramo 3, por ser de similar valor a los obtenidos en la primera zona.

C.B.R. zona 3: 1,1; 1,2; 1,7; 1,8; 2,2; 2,3; 2,5; 2,8; 3,4;
4,4; 4,9; 10,3

<u>C.B.R. mayores o iguales a:</u>	<u>Número</u>	<u>Porcentaje</u>
1.1	12	100
1.8	9	75
2.3	7	58
2.8	5	42
3.4	4	33

Con los valores de C.B.R. y sus respectivos porcentajes dibujamos una curva, tomando como C.B.R. de diseño el correspondiente a un porcentaje del 90%.



El valor de CBR=1.3, cubre el 90% de todos los valores; por lo tanto

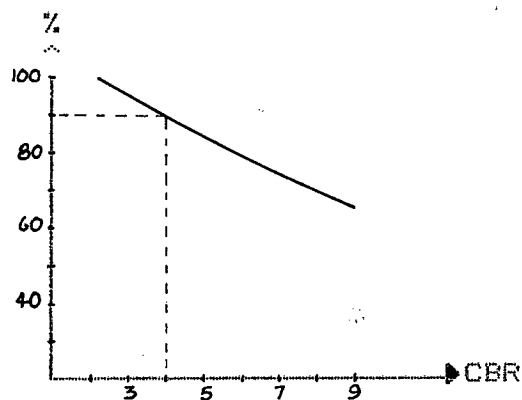
CBR de diseño =1.3

Segundo Tramo: 2+500 - 18+500

CBR zona 2: 2,6; 2,8; 3,4; 4,3; 6,8; 6,9; 7,0;
 7,6; 7,8; 8,4; 10,7; 10,9; 11,8;
 12,4; 13,4; 14,4; 14,9; 20,7; 22,3;
 25,2; 26,3; 26,8; 27,8; 28,9; 29,1;
 30,5; 42,7.

<u>CBR mayores o iguales a:</u>	<u>Número</u>	<u>Porcentaje</u>
2,6	27	100
3,4	25	93
5,0	23	85
7,0	21	78
7,8	19	70
8,4	18	67
*9,0	17	63

* La AASHO considera un CBR máximo de 9 para suelos de subrasante, por esto se tomarán los valores superiores a éste como 9.



El valor de CBR = 4,0, cubre el 90% de todos los valores; por lo tanto

CBR de diseño = 4,0

c) Para el presente diseño, se ha establecido el número de vehículos livianos y pesados, asumiendo el 100% del tráfico de la zona de La Toma-Cariamanga:



Composicion

Tramo	Año	TPDA	Livianos	Pesados
Gonzanamá-Cariamanga	1981	239	73,3	26,7
La Toma - Cariamanga	1981	477	73,3	26,7

Tn = para 1984, año en que se consideró que la vía estará en construcción.

$$T_n = t (1 + i)^n$$

$$T_{n_1} = 350(1 + 0,10)^3 = 466 \text{ livianos}$$

$$T_{n_2} = 127(1 + 0,07)^3 = 156 \text{ pesados}$$

Clasificamos a los vehículos pesados según su tipo:

Camiones de 2 ejes	=	70	45%
Camiones de 3 ejes	=	34	22%
Buses	=	25	16%
Mixtos	=	14	9%
Tanqueros	=	13	8%
		-----	-----
		156	100%

Para encontrar el número de ejes equivalentes de 8180 Kilogramos, asumimos un mínimo estructural:

Tramos 1 y 3 NE asumido = 4,5

Tramo 2 NE asumido = 3,5

Con estos valores, entramos al ábaco 2.4.3. y determinamos los factores de equivalencia de tráfico:

Vehículos	Factor de Equivalencia	
	NE = 4,5	NE = 3,5
Camiones de 2 ejes	3,00	3,00
Camiones de 3 ejes	2,10	2,20
Buses	1,30	1,40
Mixtos	1,55	1,60
Tanqueros	5,85	5,95

Encontramos el factor equivalente de ejes medio para este tráfico:

NE = 4,5		NE = 3,5	
$3,00 \times 0,45 = 1,350$		$3,00 \times 0,45 = 1,350$	
$2,10 \times 0,22 = 0,462$		$2,20 \times 0,22 = 0,484$	
$1,30 \times 0,16 = 0,208$		$1,40 \times 0,16 = 0,224$	
$1,55 \times 0,09 = 0,140$		$1,60 \times 0,09 = 0,144$	
$5,85 \times 0,08 = 0,468$		$5,95 \times 0,08 = 0,476$	
-----		-----	
Sumatoria = 2,628		Sumatoria = 2,678	

El volumen de tráfico esperado al final del periodo de diseño:

$$T_n = 156(1 + 0,07)^{10} = 306 \text{ vehiculos pesados}$$

El tráfico promedio total de vehículos de ejes equivalentes de 8180 Kilogramos es :

Tramos 1 y 3: $TFT = \frac{156+306 \times 365 \times 10 \times 0,50 \times 2,628}{2} = 11,08 \times 10^5$

Tramo 2: $TPT = \frac{156+306 \times 365 \times 10 \times 0,50 \times 2,678}{2} = 11,29 \times 10^5$

Con los valores obtenidos, ingresamos al nomograma 2.4.1., y obtenemos los números estructurales de cada tramo.

El factor regional adoptado para una precipitación anual del sector entre 1130 mm y 1086 mm, es 1.5.

Tramo	CBR	NE asumido	Aplicación CE en cientos de miles	FR	NE obtenido
1 y 3	1,3	4,5	11,08	1,5	4,6
2	4,0	3,5	11,29	1,5	3,5

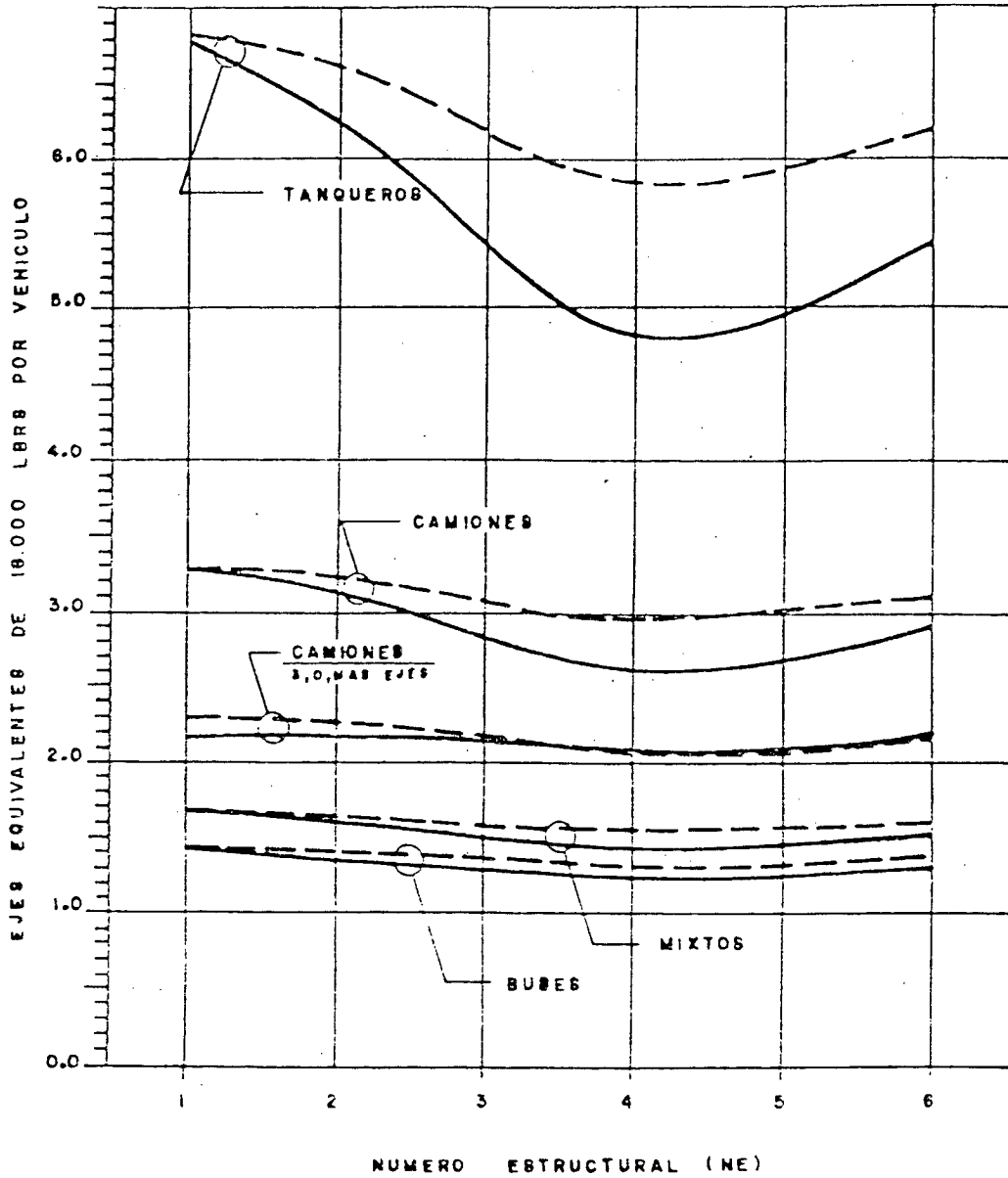
Por la gran similitud entre el NE asumido y el NE obtenido, no es necesario hacer un nuevo tanteo. En caso de haber marcada diferencia entre estos valores, se procederá a hacer nuevos tanteos con los datos obtenidos hasta que estos sean iguales o muy similares.

Ahora, nuestro proyecto consistirá de un Tratamiento Bituminoso Superficial Doble, sobre base y Sub-base granulares.

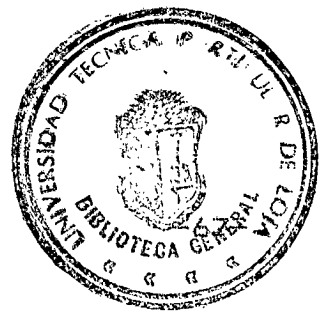
PROMEDIO DE FACTORES DE CARGA EQUIVALENTE

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

METODO AASHO



INDICE DE SERVICIO = 2.5 —————
 INDICE DE SERVICIO = 2.0 - - - - -



De la tabla 2.5, obtenemos los coeficientes estructurales:

$a_1 = 0,250$ = coeficiente de la capa de rodadura

$a_2 = 0,050$ = coeficiente de capa de base

$a_3 = 0,040$ = coeficiente de la capa de Sub-base

$$NE = a_1H_1 + a_2H_2 + a_3H_3$$

Capa	Coeficiente Estructural	Tramos 1 y 3				Tramo 2			
		Espesor (cm)		NE		Espesor (cm)		NE	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Rodadura	0,250	—	—	0,25	0,25	—	—	0,25	0,25
Base	0,050	35	40	1,75	2,00	25	30	1,25	1,50
Sub-base	0,040	65	65	2,60	2,35	50	45	2,00	1,75
				4,60	4,60			3,50	3,50

$$NE = 0,25 + a_2H_2 + a_3H_3$$

El cálculo se lo efectúa sin calcular espesores en la capa de rodadura cuando se trata de Tratamientos Superficiales Bituminosos, considerando desde luego el respectivo coeficiente estructural que en nuestro diseño es 0,250.

El cálculo viene dado por: $NE = 0,250 + a_2H_2 + a_3H_3$.

Se resuelve la ecuación, asumiendo los valores de H_2 ó H_3 :

$$4,60 = 0,25 + 0,050H_2 + 0,040H_3 \rightarrow \text{Tramos 1 y 3}$$

$$3,50 = 0,25 + 0,050H_2 + 0,040H_3 \rightarrow \text{Tramo 2}$$

De acuerdo a la experiencia del diseñador, se escogerá la mejor alternativa para el diseño definitivo.

Tabla 2.5

COEFICIENTE DE CAPAS

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

METODO AASHO

CLASE DE MATERIAL	N O R M A S	COEFICIENTE cm
<u>CAPA DE SUPERFICE</u>		
Concreto Asfáltico	Estabilidad de MARSHAL 1.000 - 1.800 lbs	0.134 - 0.173
Arena Asfáltica	Estabilidad de MARSHAL 500 - 800 lbs	0.079 - 0.118
Carpeta Bituminosa Mezclada en el Camino	Estabilidad de MARSHAL 300 - 600 lbs	0.059 - 0.098
<u>CAPA DE BASE</u>		
Ágregado Triturado, Graduados Uniformes.	P.I. 0 - 4, CBR > 100%	0.047 - 0.055
Grava Graduada Uniformemente	P.I. 0 - 4, CBR 30 - 80%	0.028 - 0.051
Concreto Asfáltico	Estabilidad de MARSHAL 1.000 - 1.600 lbs	0.098 - 0.136
Arena Asfáltica	Estabilidad de MARSHAL 500 - 300 lbs	0.059 - 0.098
Ágregado Grueso Estabilizado en Cemento	Resistencia a la compresión 26 - 46 Kgs/cm ²	0.079 - 0.138
Ágregado Grueso Estabilizado en Cal	Resistencia a la compresión 7 Kgs/cm ²	0.059 - 0.115
Suelo-Cemento	Resistencia a la compresión 18 - 32 Kgs/cm ²	0.047 - 0.079
<u>CAPA DE SUB-BASE</u>		
Arena- Grava, Graduada Uniformemente	P.I. 0-6, CBR 30 +%	0.035 - 0.043
Suelo-Cemento	Resistencia a la Compresión 18 - 32 Kgs/cm ²	0.059 - 0.071
Suelo-Cal	Resistencia a la Compresión 5 Kgs/cm ²	0.059 - 0.071
<u>MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE</u>		
Arena o Suelo Seleccionado	P.I. 0 - 10	0.020 - 0.035
Suelo con Cal	3% Mínimo de Cal en peso de los suelos	0.028 - 0.039
<u>TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO</u>		
Triple Riego		‡ 0.40
Doble Riego		‡ 0.25
Simple Riego		‡ 0.15
	‡ Usar estos valores para los diferentes tipos de tratamientos bituminosos, sin calcular espesores	

CAPITULO III

TRATAMIENTOS BITUMINOSOS SUPERFICIALES

3.1. DEFINICION Y FUNCIONES DE LOS TRATAMIENTOS BITUMINOSOS SUPERFICIALES

Los Tratamientos Superficiales consisten en la aplicación de asfalto, con agregados o sin ellos, a cualquier tipo de camino o superficie de pavimento y con un espesor no mayor a 25 milímetros. Por lo general los Tratamientos Superficiales Bituminosos Dobles tienen un espesor máximo de 20 milímetros, que corresponde al tamaño máximo del agregado grueso (3/4").

Como se ha dicho, estos tratamientos abarcan desde las simples aplicaciones de materiales asfálticos hasta los tratamientos bituminosos con aplicaciones alternadas de asfalto y agregado pétreo, de fácil y rápida ejecución que los convierte en soluciones económicas para recubrimiento de caminos o pavimentos.

En general, la función primordial de esta clase de tratamientos es la de sellar e incrementar la vida de la superficie de los caminos. El empleo de estos revestimientos

se ha generalizado para caminos de poco tránsito; sin embargo, en caminos de tráfico medio y pesado tienen buen comportamiento pero bajo condiciones fundamentales de calidad de la base del pavimento como: espesor, capacidad de soporte y drenaje.

Esta clase de revestimiento debe ser uniforme, tal que asegure el rodamiento suave y cómodo de los vehículos y con características suficientes de impermeabilidad para evitar la entrada de agua a la estructura del pavimento.

3.2. CARACTERISTICAS BASICAS

Los materiales ligantes asfálticos y los agregados, son los componentes básicos de los tratamientos bituminosos superficiales; y, aunque simples y conocidos, son motivo de especial análisis en el estudio de un proyecto, debido a las variaciones que éstos experimentan.

Las características de la base, de los agregados y de los ligantes así como las condiciones climatéricas de la zona y el tránsito son variables, por lo que es necesario hacer ciertas consideraciones al respecto.

Las condiciones básicas para poder lograr un tratamiento superficial bituminoso bien logrado y que desempeñe las

funciones para las que fue construido en forma adecuada y eficiente, pueden simplificarse en las siguientes:

1. El ligante bituminoso debe ser aplicado con una dosificación suficiente sobre la superficie terminada que va a ser revestida, de tal forma que permita agrupar y mantener las partículas de agregado, pero no en cantidad que provoque que ellas queden sumergidas, porque si esto ocurre, la superficie presentará exceso de asfalto debido al derramamiento del ligante por estar en demasiada cantidad (fig. 3.2.A.; 3.2.B.).

2. El agregado debe ser distribuido de modo que cubra totalmente la película bituminosa. La inmersión normal del agregado en el asfalto es de 60% para que haya suficiente cohesión del sistema agregado-asfalto. (fig. 3.2.A)

El exceso de piedra provoca el progresivo desprendimiento de las partículas, ocasionando incomodidad para el tráfico y el consecutivo desprendimiento de los agregados que influirán negativamente en el costo de ejecución del proyecto (fig. 3.2.C).

3. El agregado de retención entre los dos materiales impide que la piedra sea desprendida por la acción de los neumáticos en las partidas y frenadas de los vehículos,

pero las partículas no deben penetrar demasiado en el material ligante bajo la acción de los rodillos compactadores y la posterior acción del tráfico, evitando que los neumáticos entren en contacto con el asfalto y por efectos de distribución de éstos, la superficie se torne resbaladiza (fig. 3.2.A).

En los tratamientos bituminosos superficiales, el sistema agregado-asfalto debe funcionar eficientemente para poder aspirar a tener un revestimiento duradero.

El ligante asfáltico debe permanecer en estado plástico para poder aglutinar y fijar las partículas de agregado a la superficie de la base y que permita al revestimiento acomodarse a los movimientos de la calzada sin sufrir agrietamientos. Estos movimientos generalmente son ocasionados por variaciones de humedad y temperatura o por la acción directa del tránsito.

En consecuencia, la adherencia y viscosidad son las características más importantes que deben poseer los ligantes.

En cuanto se refiere a los agregados, las propiedades básicas que deben cumplir son: calidad, forma, textura y graduación de las partículas y con la particularidad de

que permanezcan siempre limpios.

En la construcción de los tratamientos superficiales, se puede llevar un procedimiento básico que lo podemos resumir así:

- a) Capa de Imprimación
- b) Tratamientos Bituminosos Simples y Múltiples
- c) Capa de Sello.

3.3. CAPA DE IMPRIMACION

La Imprimación consiste en la aplicación inicial de asfalto a la superficie de una capa de base no asfáltica como preparación para la construcción de algún tipo de revestimiento.

La ejecución de este riego asfáltico tiene las siguientes finalidades:

- a) Envolver y ligar las partículas de agregado que componen la base, con una delgada película asfáltica, con el objeto de mejorar la adherencia entre la base y el material ligante empleado en el tratamiento superpuesto.

- b) Impermeabilizar la base suficientemente, no permitiendo que el agua penetre en la misma y produzca su inestabilidad.

- c) Impide que el agua capilar o de condensación degrade la adherencia entre la base y el tratamiento asfáltico de recubrimiento a emplearse.

3.3.1. Materiales de Imprimación

Los asfaltos líquidos de baja viscosidad son los más usados para esta clase de riegos debido a las cualidades de alta penetración de los mismos.

Los asfaltos de Curado Medio (MC) son los de mayor uso, siendo los de grado 30 y 70 los más representativos.

Sin embargo, el uso de los asfaltos para esta capa depende en gran parte de la textura o características de la base. El asfalto MC-30 es empleado generalmente para el imprimado de superficies densas, mientras que el MC-70 es aplicado para bases de granulometría más abierta.

El asfalto MC-250 y aquellos de curado lento como SC-70 y SC-250; también son utilizados. Para capas de base de granulometría muy abierta, se recomienda el uso de asfalto de

curado rápido RC-70. La cantidad de asfalto de imprimación varía desde 0,8 a 2,2 litros por metro cuadrado, dependiendo de la naturaleza de la superficie y distribuido a la temperatura especificada en la tabla 3.1. En el proyecto Catamayo-Gonzanamá-Cariamanga, se utiliza el asfalto de curado rápido RC-250 (este tipo es identificado también como RC-2) como riego de imprimación, con una dosificación que varía según la temperatura ambiental pero que oscila en un 1,10 y 1,20 litros/m².



Fig. 3.2.A. Relación bien balanceada de asfalto y agregado. El porcentaje de inmersión del agregado es 60%



Fig. 3.2.B. Relación mal balanceada de asfalto y agregado. El agregado está sumergido casi totalmente



Fig. 3.2.C. El exceso de piedra en la mezcla provoca el desprendimiento de las partículas

En caso de ser necesario colocar una capa de material secante, consistirá de una arena limpia y que cumpla con los requisitos granulométricos descritos en la tabla 3.2.

Asfalto Líquido	Temperatura de mezclado con agregados (°C)	Temperatura de Aplicación para Riego	
		Mínima (°C)	Máxima (°C)
SC-70		40,6	79,4
SC-250	93,3	60,0	107,2
SC-800	107,2	79,4	123,9
SC-3000	126,7	101,7	143,3
MC-70		40,6	79,4
MC-250	93,3	60,0	107,2
MC-800	107,2	79,4	123,9
MC-3000	126,7	101,7	143,3
RC-70		40,6	79,4
RC-250		60,0	107,2
RC-800		79,4	123,9
RC-3000		101,7	143,3
ROMC-3	93,3	79,4	123,9

Tabla 3.1. Temperaturas de Aplicación para Asfaltos Diluidos

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa por los tamices de malla cuadrada, métodos AASHTO T-11 y T-27			
	Agregado Natural	Agregado Triturado		
		A	B	C
1/2" (12,7mm)	---	---	---	100
3/8" (9,5mm)	100	100	100	90-100
Nº4 (4,75mm)	85-100	85-100	60-100	10-30
Nº8 (2,38mm)	---	0-25	0-10	0-8
Nº50 (0,30mm)	0-20	---	---	---
Nº200 (0,075mm)	0-5	0-2	0-2	0-2

Tabla 3.2. Requerimientos de Graduación para agregados de Capas de Sello

3.3.2. Distribución de Asfalto

La superficie a impregnarse debe estar completamente limpia y libre de material suelto. Para lograr esto, se utiliza una barredora mecánica que se pasará sobre la base hasta que se cumpla con el objetivo deseado.

La distribución del asfalto se lo hará sobre la superficie seca o muy ligeramente húmeda y a una temperatura ambiental mayor a 15°C a la sombra, y cuando el tiempo no sea lluvioso ni con la amenaza de que esto ocurra.

Cuando después de 24 horas de la aplicación del asfalto, no se ha producido la absorción total, se procederá a colocar una capa de arena para secar el exceso. La arena sirve para proteger al asfalto de la acción perjudicial de las lluvias, antes de la penetración total del material asfáltico sobre la base o para facilitar el tránsito.

El distribuidor a presión empleado en el riego del asfalto, estará equipado con llantas neumáticas y provisto de una rueda adicional que registre la velocidad de recorrido en un tacómetro en metros por minuto.

El riego se efectuará mediante rociado uniforme en la

cantidad requerida y dentro de los rangos de temperatura especificados.

El tránsito no será permitido hasta que el material bituminoso haya penetrado totalmente o haya sido cubierto, estuviese seco o por indicios claros de que no habrá desprendimiento por acción del tránsito. Se puede autorizar el tráfico luego de 4 horas de aplicado el riego y esté cubierto con arena de secado para impedir que el asfalto se adhiera a los neumáticos.

La superficie imprimada se mantendrá en esas condiciones por un tiempo no menor a cinco días, antes de aplicar las capas de tratamiento bituminosos posteriores.

3.4. TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

Consiste en una aplicación de material asfáltico (Cemento Asfáltico, o Asfalto Líquido, o Emulsión Asfáltica Catiónica), seguida de una distribución de agregado pétreo constituido por partículas de tamaño relativamente uniforme.

El espesor del tratamiento es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del agregado pétreo.

El procedimiento de aplicación del material bituminoso, exige las mismas normas de calidad que para la capa de imprimación, El asfalto será distribuido bajo presión para inmediatamente ser cubierto con agregado, antes de que se enfríe.

El esparciamiento de los agregados se lo hará en capas uniformes y en una sola aplicación, como se indica en la sección 3.6.1.(c).

La temperatura de aplicación de los asfaltos líquidos se detalla en la tablà 3.1.

A menos que se estipule de otra manera, los Cementos Asfálticos serán aplicados a una temperatura no menor a 121°C y no mayor a 191°C.

La temperatura de los Asfaltos Emulsionados no superará los 71°C después de la carga para ser transportados. Las Emulsiones Aniónicas, excepto cuando se use para capa de sello, serán aplicadas a temperaturas comprendidas entre 24,0°C y 54,5°C. Las Emulsiones Catiónicas serán aplicadas a temperaturas entre 43,0°C y 65,5°C. Los Asfaltos Emulsionados no podrán ser enfriados a temperaturas menores a 4,5°C.

Los agregados pétreos con una cubicidad diferente (menor a 0,60) no pueden ser utilizados en los tratamientos bituminosos superficiales.

La graduación de los agregados para tratamientos bituminosos se tienen que regir según la tabla 3.3. Los pesos de los agregados y el volumen de los materiales asfálticos se obtiene de la tabla 3.4. y 3.5. Cuando el peso específico de masa del agregado no se encuentre entre 2,55 y 2,75, se procederá a corregir el peso, multiplicando el valor obtenido en las tablas por la relación entre el peso específico obtenido y el valor 2,65.

La dosificación del material asfáltico en un tratamiento simple se basa en la aplicación de mayor cantidad de ligante bituminoso, siempre que se obtenga una superficie antiresbaladiza.

Los vacíos ente partículas de agregados en estos tratamientos simples, deben estar cubiertos entre la $2/3$ y $3/4$ partes de espesor del material pétreo. Entonces es evidente la conveniencia de utilizar agregados pétreos de buena cubicidad para poder cumplir con el propósito expuesto. Los siguientes diagramas nos aclaran lo dicho:



a) Buena dosificación

Agregado pétreo de buena cubicidad

Asfalto _ 1,4 l/m²



b) Mala Dosificación

Agregado pétreo de mala cubicidad

Asfalto = 0,8 l/m²

3.4.1. Método Constructivo

Las operaciones tipo que se llevan a cabo en la construcción del Tratamiento Bituminosos Superficial Simple son las siguientes:

a) Acondicionamiento final de la superficie a tratar

b) Aplicación del Material Asfáltico

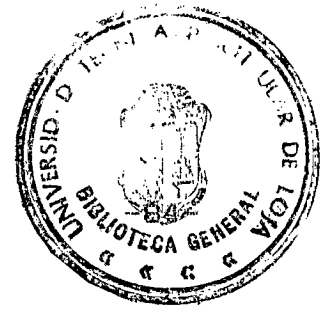
c) Distribución del Agregado Pétreo

- d) Cilindrado con compactador mecánico y rodillo neumático múltiple.
- e) Conservación del Tratamiento durante dos días, mediante redistribución del agregado suelto, por rastreo y rodillado combinados.
- f) Librado al tránsito luego de un intervalo de 3 días.

Estas actividades se hallan descritas en el proceso constructivo para tratamientos bituminosos dobles, por ser de características similares.

Tamiz	Porcentaje en peso que pase por los tamices de malla cuadrada, métodos AASHTO T-11 y T-27						
	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F	Grad. G
1½" (38,1mm)	100						
1" (25,4mm)	90-100	100					
¾" (19,0mm)	-	90-100	100				
½" (12,7mm)	0-15	20-55	90-100	100	100		
3/8" (9,5mm)	-	0-15	40-75	90-100	90-100	100	100
Nº 4 (4,75mm)	-	-	0-15	0-20	10-30	75-100	85-100
Nº 8 (2,38mm)	-	-	0-5	0-5	0-8	0-10	60-100
Nº 200 (0,075mm)	0-2	0-2	0-2	0-8	0-2	0-2	0-10

Tabla 3.3. Requerimientos Especificados de Graduación para Agregados de Tratamientos Bituminosos Superficiales.



3.5. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE

El tratamiento Superficial Doble, consiste en dos aplicaciones sucesivas y alternadas de material bituminosos y agregado sobre una base preparada (imprimada) o calzada existente.

El agregado pétreo de la primera aplicación es de tamaño grueso, mientras que el de la segunda distribución es de granulometría más fina.

El espesor total del pavimento es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del agregado pétreo de la primera aplicación. El agregado fino de la segunda aplicación tiene la finalidad de llenar los espacios libres dejados por la porción gruesa, proporcionando mayor cohesión y trabazón entre éstos.



Tratamiento Superficial Doble

La dosificación de los materiales asfálticos y pétreos utilizados en esta clase de tratamientos, así como la temperatura de aplicación y la graduación de los mismos, se obtienen de las tablas 3.4; 3.5; 3.1; y, 3.3., respectivamente.

Los materiales asfálticos más utilizados para estos tratamientos son:

a) Primera Aplicación:

Cemento Asfáltico (150-200)

Asfalto Líquido de Curado Rápido (RC-800)

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Rápida

b) Segunda Aplicación:

Asfalto Líquido de Curado Rápido (RC-70 y RC-250)

Emulsión Asfáltica Aniónica de rotura media

Emulsión Asfáltica /catiónica de rotura rápida

Cuando sobre la segunda aplicación de agregado, se efectúe un riego adicional de asfalto éste será del tipo RC-70 o una emulsión asfáltica de rotura media MS-1. Este riego no se efectuará cuando el tratamiento se ejecute con emulsión asfáltica catiónica.

En el proyecto Catamayo-Gonzanamá-Cariamanga se utiliza el asfalto líquido RC-2 (RC-250), tanto para Imprimación como

para el primero y segundo riego del Tratamiento Superficial Bituminoso Doble.

3.6.1. Método Constructivo

El orden normal de actividades para este tipo de tratamiento es el siguiente:

a) Acondicionamiento final de la superficie a tratar

La superficie a tratar debe estar completamente seca, limpia y sin la presencia de material suelto extraño. El polvo será eliminado mediante el barrio o soplado.

En general, con una buena imprimación sobre la base granular se obtiene un revestimiento suficientemente impermeable, lograndose una adherencia satisfactoria del tratamiento superficial.

b) Primera aplicación de material bituminoso

La distribución del material bituminosos se lo hará mediante el uso de los Distribuidores de Asfalto, capaz de lograr aplicarlo en cantidades exactas, y la dosificación especificada sea mantenida uniformemente en todo el ancho y longitud de la aplicación total de la carga.

Es importante tomar en cuenta las condiciones atmosféricas en la aplicación del material ligante y en la construcción misma del tratamiento. Aún los asfaltos líquidos de alta viscosidad necesitan el curado, que se logra en las mejores condiciones cuando la temperatura ambiente está sobre los 15°C y la humedad relativa es baja. Por lo tanto, se debe procurar hacer los trabajos en época de verano para obtener resultados satisfactorios en la estabilidad de revestimiento.

Para asegurar resultados óptimos en la aplicación del asfalto, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La presión y temperatura de aplicación deben ser constantes en todas las boquillas. El abanico de material esparcido por cada boquilla debe ser uniforme y en un ángulo adecuado, que permita que los abanicos de material no interfieran unos con otros.
- La altura de la barra regadora sobre la superficie del camino debe ser constante para lograr un solape completo y uniforme de los agregados.
- La velocidad del camión debe ser uniforme.



- El funcionamiento de la barra regadora debe ser comprobado, siendo necesario que el cierre y abertura de las válvulas sean instantáneas. Para asegurar un buen riego, se calienta a la barra regadora y a las boquillas a la temperatura de aplicación del asfalto.

Con la finalidad de obtener juntas sin superposición excesiva, al comienzo y final de cada aplicación debe colocarse un papel grueso, que permita iniciar y terminar en forma correcta la distribución, cuando el camión se desplace con velocidad uniforme.

c) Distribución del agregado grueso

Luego del riego del material bituminosos, inmediatamente se procederá a distribuir los agregados gruesos en la proporción establecida sobre todo el ancho de un carril en una sola aplicación y en forma uniforme.

Se debe tener la precaución de mantener en el sitio una suficiente cantidad de agregados, para cubrir eficientemente la totalidad del material bituminoso que será distribuido. Por esta razón, el distribuidor de áridos debe estar lleno, en posición y listo para estenderlos antes de comenzar el riego del asfalto.

Cuando la distribución de los agregados no ha sido de todo uniforme, se corregirá este defecto utilizando obreros, emparejando las áreas en donde escasea el material con adición de las cantidades necesarias del mismo.

Si se observa exceso de áridos en sectores de la distribución, éstos serán removidos y en ningún caso serán esparcidos a zonas adyacentes, evitando de esta manera aflojar a los agregados en contacto con el asfalto.

d) Rodillado Ligero

Inmediatamente después de la distribución del agregado pétreo y en un período de tiempo no mayor a treinta minutos después de ejecutado, se comenzará el rodillado del mismo. Se utilizarán rodillos de tres ruedas o tipo tandem con pesos de 5 a 8 toneladas y compactadores de ruedas neumáticas, no permitiendo el uso de compactadores neumáticos de ruedas tambaleantes.

Luego de ejecutar cualquier emparejamiento adicional cuando los agregados han sido esparcidos, éstos serán asentados con el rodillo liso en pasadas longitudinales, comenzando por los bordes exteriores del tratamiento hacia el centro, procurando que cada pasada se superponga a la anterior en la mitad del ancho del rodillo. Se seguirá este procedimiento hasta obtener una superficie uniforme y

compacta, evitando el trituramiento o rompimiento de los agregados por efectos de la compactación. En número de pasadas del rodillo oscila entre dos y cuatro.

El apisonado con rodillo neumático se efectúa con el objeto de tener una superficie pareja y uniforme, debido a la total incrustación de los agregados en el ligante asfáltico y a la correspondiente acción de sellar los vacíos superficiales.

El número de pasadas sin superposición de ruedas estará comprendido entre dos y cuatro y en ningún caso será menor a dos en todo el ancho del área tratada.

e) Segundo Aplicación de Material Bituminoso

La segunda aplicación del asfalto se la efectuará cuando haya transcurrido el tiempo suficiente para que las partículas de la primera distribución se hallen firmemente adheridas.

El tiempo que debe transcurrir entre el esparcimiento de los agregados y la distribución del ligante asfáltico para la siguiente capa es de por lo menos 24 horas.

Para la ejecución de este riego se tomarán las mismas precauciones que para la primera aplicación descrita en (b).

f) Distribución del agregado pétreo fino

Inmediatamente después de ejecutado el segundo riego, se procede a distribuir los agregados finos de recubrimiento, acatando las recomendaciones y procedimientos mencionados en (c).

g) Rodillado final

Cumplida la distribución del agregado fino, se procederá al rodillado final con compactador mecánico (rodillo liso) tal como se explica en (d). En curvas con peralte el rodillo se iniciará desde el borde inferior hacia el borde exterior.

Luego de apisonado con el compactador de ruedas metálicas lisas, se efectúa el rodillado neumático, según el procedimiento descrito en (d).

h) Librado al Tránsito

Luego de haberse realizado todas las actividades constructivas y después de un tiempo desde la terminación de las mismas no inferior a dos o tres días, se podrá abrir al tráfico público el tramo construido. El tránsito será dirigido de modo que cubra el ancho total de la calzada.

Si luego de haberse abierto al tránsito público se observa exudación de asfalto, el área será cubierta con agregados

adicionales o una arena limpia; y, si se nota desprendimiento de los agregados, el tráfico se suspenderá y se procederá a dar pasadas de rodillos lisos y neumáticos con el fin de adherir suficientemente los agregados.

3.6. TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE

Consiste en tres aplicaciones sucesivas y alternadas de material asfáltico y agregado pétreo sobre una base imprimada.

El espesor total del pavimento es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del agregado pétreo de la primera aplicación (material grueso), puesto que los agregados de tamaño intermedio y fino, cumplen la función de llenar los espacios libres dejados por la porción gruesa, tornando a la superficie más cerrada y menos rugosa. Como se acaba de explicar, la primera aplicación de agregado corresponde a la fracción gruesa; la segunda, al de tamaño intermedio; y, la tercera, a los agregados de partículas finas.

Los materiales asfálticos más utilizados para estos tratamientos son:

Tabla 3.4 Cantidades Aproximadas de Materiales por Metro Cuadrado. Utilizando Asfalto Diluido o Cemento Asfáltico para Tratamientos Superficiales Bituminosos (tipo TSB).

Materiales a utilizarse	Designación del Tipo de Tratamiento					
	TSB-1	TSB-2A	TSB-2B	TSB-2C	TSB-3	TSB-4
Primera capa						
Litros de material bituminoso	1,40	1,00	1,20	1,40	0,70	0,90
Kilogramos de agregados:						
Graduación E	13,5					
Graduación D		13,5				
Graduación C			19,0			
Graduación B				27,0	21,5	
Graduación A						38,0
Segunda capa						
Litros de material bituminoso		0,60	1,10	1,60	1,40	1,80
Kilogramos de agregados:						
Graduación F		5,5	8,0			
Graduación D					6,5	
Graduación E				11,0		
Graduación C						11,0
Tercera capa						
Litros de material bituminoso					0,70	0,90
Kilogramos de agregados:						
Graduación F					4,5	6,5
Cuarta capa						
Litros de material bituminoso						0,90
Kilogramos de agregados:						
Graduación G						4,5
Totales						
Material Bituminoso, Ltrs:	1,40	1,60	2,30	3,00	2,80	4,5
Agregados, Kgs.	13,5	19,0	27,0	32,5	38,0	60,0

Tabla 3.5 Cantidades Aproximadas de Materiales por Metro Cuadrado. Utilizando Asfalto Emulsionado, para Tratamientos Superficiales Bituminosos (tipo E).

Materiales a utilizarse	Designación del Tipo de Tratamiento					
	E-1	E-2	E-3A	E-3B	E-4	TSB-4
Primera capa						
Litros de material bituminoso	1,60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,90
Kilogramos de agregados:						
Graduación E	13,5					
Graduación D		13,5				
Graduación C			16,5			
Graduación B				19,5	21,5	
Graduación A						38,0
Segunda capa						
Litros de material bituminoso		2,00	1,60	2,00	2,30	1,80
Kilogramos de agregados:						
Graduación F		5,5	5,5			
Graduación E				9,0	11,0	11,0
Tercera capa						
Litros de material bituminoso			1,10	1,10	1,10	2,00
Kilogramos de agregados:						
Graduación F			5,5	4,5	5,5	6,5
Cuarta capa						
Litros de material bituminoso						1,10
Kilogramos de agregados:						
Graduación G						4,5
Totales						
Material Bituminoso, Ltrs:	1,60	2,00	2,70	3,10	3,40	4,90
Agregados, Kgs.	13,5	19,0	27,0	33,0	38,0	60,0

a) Primera Aplicación:

Cemento Asfáltico (150-200)

Asfalto Líquido (RC-800)

Emulsión Asfáltica Catiónica de rotura rápida.

b) Segunda y Tercera Aplicación:

Asfalto Líquido (RC-70; RC-250)

Emulsión Asfáltica Aniónica de rotura media

Emulsión Asfáltica Catiónica de rotura rápida.

Cuando sobre la tercera aplicación de agregado, se efectúe un riego adicional de asfalto, éste será de tipo RC-70 ó MC-70. Este riego adicional no se efectuará cuando se utilice emulsión asfáltica catiónica.

La dosificación de asfalto y agregados para este tipo de tratamiento se obtiene de las tablas 3.4 y 3.5. Las granulometrías de los agregados, según el cuadro 3.3.

El procedimiento de aplicación del asfalto y de los agregados es similar al utilizado para los tratamientos simples y dobles. La temperatura de aplicación del ligante bituminoso estará de acuerdo a lo especificado en la tabla 3.1., diferenciandose cuando se utilicen Cementos Asfálticos y Asfaltos Emulsionados, tal como se indica para los tratamientos bituminosos simples.

3.5.1. Método Constructivo

El orden normal de operaciones para este tipo de tratamiento es el siguiente:

- a) Acondicionamiento final de la superficie a tratar
- b) Primera Aplicación de Material Asfáltico
- c) Distribución del Agregado Pétreo grueso
- d) Rodillado ligero con compactador mecánico
- e) Segunda aplicación de material asfáltico
- f) Distribución del Agregado Pétreo Intermedio
- g) Tercera aplicación de material asfáltico
- h) Distribución de agregado pétreo fino
- i) Rodillado final con compactador mecánico y rodillo neumático múltiple
- j) Conservación del tratamiento durante dos o tres días
- k) Librado al tránsito luego de tres días

La descripción de cada actividad aquí descrita, se la realiza en el método constructivo para tratamientos bituminosos dobles.

3.7. REQUERIMIENTOS DE LOS AGREGADOS

Los agregados utilizados en tratamientos bituminosos superficiales deben provenir de grava triturada o piedra

triturada. Deben ser limpios, resistentes libres de exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. No deben estar cubiertos de arcilla u otro material degradante de la calidad de los mismos.

El porcentaje de desgaste no será mayor a 40%, según el ensayo de resistencia a la Abrasión con la máquina de los Angeles.

Los agregados sometidos a la prueba de durabilidad al sulfato de sodio durante cinco ciclos, no experimentarán una pérdida de peso mayor a 12%.

El hinchamiento no será mayor al 1,5%.

La impregnación del material bituminosos en los agregados será mayor al 95%, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura.

3.8. DOSIFICACION DEL TRATAMIENTO DOBLE SEGUN EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Para determinar la cantidad de asfalto necesario para cada aplicación, se emplea la teoría de los volúmenes absolutos. Los principios en que se basa este método son:

- a) El agregado de tamaño fino llena los espacios vacíos dejados por el material pétreo de dimensiones mayores.
- b) El espesor final es aproximadamente igual al del tamaño máximo del agregado grueso.
- c) Los espacios libres tienen un volumen absoluto del 5 al 7%

3.8.1. Tamaño Medio de la Partículas

"El tamaño medio de las partículas representa el espesor medio de la capa que producirá el agregado cuando se lo distribuye densamente con un espesor de una partícula".

Conociendo el tamaño medio de una partícula, es posible determinar la cantidad probable de metros cuadrados de superficie que puede cubrirse con un metro cúbico de agregado.

Para este análisis se requiere de un ensayo granulométrico confiable y preciso del agregado.

El cuadro 3.6, de tamaños medios para fracciones de agregados y el porcentaje de material retenido entre tamices, nos ayudan en la determinación del tamaño medio de las partículas.

Cuadro 3.6. Tamaños Medios (pulgadas)

	1"	7/8"	3/4"	5/8"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº4	Nº8
1"	1.00								
7/8"	0,94	0,88							
3/4"	0,88	0,81	0,75						
5/8"	0,81	0,75	0,69	0,63					
1/2"	0,75	0,69	0,63	0,56	0,50				
3/8"	0,69	0,63	0,56	0,50	0,44	0,38			
1/4"	0,63	0,56	0,50	0,44	0,38	0,31	0,25		
Nº4	0,59	0,53	0,47	0,41	0,34	0,28	0,22	0,19	
Nº8	0,54	0,48	0,42	0,36	0,30	0,24	0,17	0,14	0,09

La graduación de nuestro agregado grueso corresponde a:

% que pasa: 1" = 100° ; 3/4" = 97
 1/2" = 50 ; 3/8" = 13

<u>Tamiz</u>	<u>% pasa</u>	<u>Cálculos</u>
1"	100	0,03x0,88 = 0,0264
3/4"	97	0,47x0,63 = 0,2961
1/2"	50	0,37x0,44 = 0,1628
3/8"	13	

Tamaño medio calculado de la partícula 0,4853 = 0,48 pulgadas

La graduación del agregado fino corresponde a:

% que pasa: 1/2" = 100 ; 3/8" = 96
 Nº4 = 29 ; Nº8 = 7

<u>Tamiz</u>	<u>% pasa</u>	<u>Cálculos</u>
1/2"	100	0,04x0,44 = 0,0176
3/8"	96	0,67x0,28 = 0,1876
Nº4	29	0,22x0,14 = 0,0308
Nº8	7	

Tamaño medio calculado de la partícula = 0,236 = 0,24 pulgadas

3.8.2. Relación de Distribución

Esta relación expresa el área de superficie que cubre una yarda cúbica de agregado en una capa con una densidad no mayor que es espesor de una partícula. El espesor de

partícula lo hemos tomado en correspondiente al tamaño del agregado grueso, esto es 3/4".

Así, la relación 1:100, indica que una yarda cúbica cubre 100 yardas cuadradas de superficie. Si el espesor es 3/4" ó 1/48 yardas, entonces el área que cubre la yarda cúbica de material será: Area 48 Yd².

La relación de distribución puede determinarse dividiendo 48 por el tamaño medio de la partícula expresada en centésimas de pulgada:

- agregado grueso: $48 \div 0,48$ pulgadas = 100

Relación de Distribución = 1:100

- agregado fino: $48 \div 0,24$ pulgadas = 200

Relación de Distribución = 1:200

3.8.3. Cálculos de Proyecto

El método sugerido requiere de información para poder ejecutarlo, por este motivo se requiere de los siguientes ensayos sobre los agregados a utilizarse:

- 1) Peso específico de los agregados
- 2) Peso unitario del volumen suelto por pie cúbico, del agregado grueso.

- 3) Peso unitario del volumen suelto por pie cúbico, del agregado fino
- 4) Espesor medio de una distribución del agregado grueso, cuando se lo coloca densamente a un espesor de una partícula.
- 5) Análisis granulométrico de los agregados.

Para obtener los valores de diseño necesarios, se procede de la siguiente manera, y refiriéndonos a los cuadros 3.8.1 y 3.8.2 que contienen la Información Básica y el Diseño de Tratamiento Superficial Dobre respectivamente.

DISEÑO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE
Información Básica

Línea A. Agregado, peso específico bulk (P.e.)		(Ensayo de P.e. - AASHO T85)
Línea B. Agregado, peso del volumen sólido	(libr./pies)	(P.e. x 62,4)
Línea C. Agregado grueso, peso unitario del volumen suelto	(libs./pies)	(Pesar y obtener el peso medio)
Línea D. Agregado fino, peso unitario del volumen suelto	(lbs/pies)	(Pesar y obtener el peso medio)
Línea E. Agregado grueso, espesor de la capa de la primera distribución	pulgadas	(Medir o calcular tamaño medio de partículas)
Línea F. Agregado fino, volumen suelto por una relación de distribución de 1:...	pies /yardas ²	(Tamaño medio de partícula x 0,75) (Relación de distribución 27 ÷ pies /yardas ²)
Línea G. Asfalto, porcentaje en volumen	por ciento	(Del Cuadro C-6 para probable uso de superficie)

Conformación del diseño del tratamiento superficial doble

Línea 1. Volumen en yarda ²	0,360 pies cúbicos	(Línea E x 0,75)
Línea 2. Volumen de vacíos	0,018 pies cúbicos	(% de vacíos en tratamiento terminado x línea 1)
Línea 3. Volumen de asfalto	0,068 pies cúbicos	(Línea 6 x Línea 1)
Línea 4. Volumen de agregado fino	0,101 pies cúbicos	Línea D x Línea F Línea B
Línea 5. Total de las Líneas 2,3 y 4	0,187 pies cúbicos	
Línea 6. Agregado grueso, volumen sólido	0,173 pies cúbicos	(Línea 1 menos Línea 5)
Línea 7. Agregado grueso, peso por yarda ²	29,2 Lbs	(Línea B x Línea 6)
Línea 8. Agregado grueso, relación de distribución	101,7 yarda ² por yarda	(Línea C x 27) Línea 7
Línea 9. 1a. Aplicación de asfalto	0,204 Gal./yarda ² =0,92 lits/m ²	(3,0 x Línea 3)
Línea 10. 2a. Aplicación de asfalto	0,306 Gal./yarda ² =1,39 lits/m ²	(4,5 x Línea 3)
Línea 11. 1a. Distribución de agregado (grueso)	96,6 Yarda ² /yarda cúbica 30,7 Lbs./yarda ² = 16,7 Kg/m ²	(0,95 x Línea 8) Línea C x 27 Línea 11
Línea 12. 2a. Distribución de agregado (fino)	142,5 Yards ² /yarda cúbica 18,0 Lbs./Yarda ² =9,8 Kg/m ²	(0,95 x relación de distribución de la Línea F) Línea D x 27 Línea 12

3.8.4. Observaciones

De los cuadros 3.8.1 y 3.8.2:

Línea A. El peso específico puede determinarse mediante el ensayo AASHO T-85.

Línea B. El peso de volúmenes sólido por pie cúbico es el producto del peso específico por 62,4 libras.

Líneas C y D. Los pesos del volumen suelto por pie cúbico se obtendrán según AASHO T-19.

Línea E. En la etapa de proyecto se puede estimar el espesor de una aplicación de agregado grueso, calculando el tamaño medio de las partículas.

En la etapa de construcción, este espesor se determinará mediante una densa capa de agregado, colocada con un espesor no mayor al de una partícula.

Línea F. En la etapa de proyecto se puede obtener el volumen de agregado fino por yarda cuadrada, calculando el tamaño medio de las partículas y luego remitirse al cuadro 3.7. para obtener la relación de distribución y el volumen requerido.

Línea G. Del cuadro 3.8. se obtiene el porcentaje de asfalto por volumen, de acuerdo con el uso futuro de la superficie.

Cuadro 3.7. Relaciones de distribución y volúmenes por yarda cuadrada para diferentes tamaños medios de partículas

a	b	c	a	b	c	a	b	c
.13"	1:369	.073	.36"	1:133	.203	.59"	1: 81	.333
.14	343	.079	.37	130	.208	.60	1: 80	.338
.15	320	.084	.38	126	.214	.61	79	.342
.16	300	.090	.39	123	.220	.62	77	.351
.17	282	.096	.40	1:120	.225	.63	76	.355
.18	1:267	.101	.41	117	.231	.64	75	.360
.19	253	.107	.42	114	.237	.65	74	.365
.20	240	.113	.43	112	.241	.66	73	.370
.21	229	.118	.44	109	.248	.67	72	.375
.22	218	.124	.45	1:107	.252	.68	71	.380
.23	209	.129	.46	104	.260	.69	70	.386
.24	1:200	.135	.47	102	.265	.70	69	.391
.25	192	.141	.48	100	.270	.71	68	.397
.26	185	.146	.49	98	.276	.72	1: 67	.403
.27	178	.152	.50	96	.281	.73	66	.409
.28	171	.158	.51	94	.287	.74	65	.415
.29	166	.163	.52	1: 92	.293	.75	64	.422
.30	160	.169	.53	91	.297	.76	63	.429
.31	155	.174	.54	89	.303	.77	62	.435
.32	150	.180	.55	87	.310	.78	62	.439
.33	145	.186	.56	86	.314	.79	61	.443
.34	141	.191	.57	84	.321	.80	60	.450
.35	1:137	.197	.58	83	.325	.81	59	.458

Nota: Las relaciones de distribución son valores calculados
El tamaño máximo de la partícula ha sido tomado como 3/4".

- a) tamaño medio de las partículas
- b) relación de distribución
- c) piés cúbicos por yarda cuadrada

Cuadro 3.8. Asfalto, porcentaje por peso y por volumen para diferentes usos de superficie.

Principales usos del tratamiento de superficie	% de asfalto en peso	% de asfalto en volumen
Áreas de estacionamiento y áreas poco usadas	9,4	22
Bajos volúmenes de tráfico	8,2	20
Volúmenes medianos de tráfico	7,6	19
Altos volúmenes de tráfico	7,0	18
Tráfico muy pesado	6,5	17

- Línea 1. El volumen absoluto en una yarda cuadrada es: Línea E en pulgadas \times 0,75.
- Línea 2. El volumen de vacíos es: porcentaje de vacíos en el tratamiento terminado (5-7%) \times línea 1.
- Línea 3. El volumen de asfalto es: porcentaje de asfalto por volumen de la Línea 6 \times Línea 1.
- Línea 4. El volumen de agregado fino es: $\frac{\text{Línea D} \times \text{Línea F}}{\text{Línea B}}$; siendo F un pie cúbico por yarda cuadrada.
- Línea 5. Sumar las Líneas 2, 3 y 4.
- Línea 6. El volumen sólido de agregado grueso es: Línea 1 menos Línea 5.
- Línea 7. El peso por yarda cuadrada del agregado grueso es: Línea B \times Línea 6.
- Línea 8. El número de yardas cuadradas cubiertas por una yarda cúbica de agregado grueso es: $\frac{\text{Línea C} \times 27}{\text{Línea 7}}$
- Línea 9. La primera aplicación de asfalto generalmente es el 40% del total del ligante bituminosos: $3 \times$ Línea 3.

La Línea 3 debe transformarse de pies cúbicos por yarda cuadrada a galones por yarda cuadrada. Como un pie cúbico tiene 7,5 galones, la Línea 9 será:
 $0,40 \times 7,5 \times \text{Línea 3} = 3 \times \text{Línea 3}.$

Línea 10 La segunda aplicación de asfalto es el 60% del total de ligante bituminoso: $4,5 \times \text{Línea 3}.$

Línea 11 Al determinar la tasa de aplicación del agregado, se requiere de una tolerancia por pérdidas y recubrimiento de bordes, de un 5%. La primera aplicación de agregado grueso será: $0,95 \times \text{Línea 8}.$

Línea 12 La segunda aplicación de agregado será: $0,95$ por la relación de distribución de la Línea F.

3.8.5. Datos de Cálculo

Peso específico del agregado = 2,70

Peso unitario suelto del agregado grueso = 110 libras por pie cúbico.

Peso unitario del volumen suelto del agregado fino = 95 libras por pie cúbico.

Tamaño medio de partícula del agregado grueso = 0,48 pulgadas.

Tamaño medio de partícula del agregado fino = 0,24
pulgadas.

Asfalto para tráfico mediano=19% en volumen (cuadro 6)

Porcentaje de vacíos = 5%

DISEÑO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE
Información Básica

A. Agregado, peso específico	2,70		Ensayo de P.e. - AASHO T85
B. Agregado, peso del volumen sólido	168,5	libs/pie cúbico	(P.e. x 62,4)
C. Agregado grueso, peso unitario del volumen suelto	110	libs/pie cúbico	(Pesar y obtener el peso medio)
D. Agregado fino, peso unitario del volumen suelto	95	libs/pie cúbico	(Pesar y obtener el peso medio)
E. Agregado grueso, espesor de la capa de la primera distribución	0,48	pulgadas	(Medir o computar tamaño medio de las partículas)
F. Agregado fino, volumen suelto por una relación de distribución de 1:200	0,135	pie cúbico/yardas ²	(Tamaño medio de partícula x 0,75) (Relación de distribución = 27 ÷ pies cúbicos/yardas ²)
G. Asfalto, porcentaje en volumen	19	porcentaje	(Del Cuadro 3.8 para probable uso de superficie)

Conformación del diseño del tratamiento superficial doble

1. Volumen en yarda ²	0,360 pies cúbicos	(Línea E x 0,75)
2. Volumen de vacíos	0,018 pies cúbicos	(% de vacíos en tratamiento terminado x línea 1)
3. Volumen de asfalto	0,068 pies cúbicos	(Línea 6 x Línea 1)
4. Volumen de agregado fino	0,076 pies cúbicos	$\frac{\text{Línea D} \times \text{Línea F}}{\text{Línea B}}$
5. Total de las Líneas 2,3 y 4	0,162 pies cúbicos	
6. Agregado grueso, volumen sólido	0,198 pies cúbicos	(Línea 1 menos Línea 5)
7. Agregado grueso, peso por yarda ²	33,4 Lbs	(Línea 8 x Línea 6)
8. Agregado grueso, relación de distribución	88,9 yarda ² por yarda	$\frac{(\text{Línea C} \times \frac{27}{\text{Línea 7}})}$
9. 1a. Aplicación de asfalto	0,204 Gal./yarda ² =0,92 lits/m ²	(3,0 x Línea 3)
10. 2a. Aplicación de asfalto	0,306 Gal./yarda ² =1,39 lits/m ²	(4,5 x Línea 3)
11. 1a. Distribución de agregado (grueso)	84,5 Yarda ² /yarda cúbica	(0,95 x Línea 8)
	35,1 Libs/yarda ² =19,04 Kg/m ²	$\frac{\text{Línea C} \times 27}{\text{Línea 11}}$
12. 2a. Distribución de agregado (fino)	190,0 Yards ² /yarda cúbica	(0,95 x relación de distribución de la Línea F)
	13,5 Libs./Yarda ² =7,32 Kg/m ²	$\frac{\text{Línea D} \times 27}{\text{Línea 12}}$

CAPITULO IV

EL CONTROL DE OBRAS

El seguimiento de la obra o el Control de la Programación, se constituye en la actividad preponderante que se ejecutará periódicamente, tan que permita conocer cuan realmente ha sido estimada, o por el contrario, qué tipo de retrasos o avances se han producido respecto al plan previsto.

Consecuentemente, es necesario contar con un plan de trabajo que sin ser sofisticado ni represente erogaciones onerosas, permita supervisar las labores de las empresas encargadas de la construcción de proyectos, procurando que se cumpla con las disposiciones contractuales y con las especificaciones de diseño previamente convenidas. Si la función básica del control de obras es el de procurar que los proyectos se realicen estrictamente de acuerdo a los planos y especificaciones, a las condiciones presupuestarias y al plazo de ejecución; entonces, es prioritario dotar a quienes cumplan estas delicadas funciones de: materiales, recursos humanos y financieros suficientes; de modo que los planes de fiscalización no sufran interrupciones y, por el contrario, se optimicen, en base a las aceptables condiciones de trabajo que con estas medidas se pueden lograr.

Considerando que estas actividades de fiscalización son de gran responsabilidad, es condición indispensable que quienes estén encargados de su ejecución sean profesionales capacitados y absolutamente conocedores del tipo de obras que estarán a su cargo, contando con el apoyo de un equipo humano calificado y siempre dotados de los recursos materiales y financieros suficientes. Del grado de atención que se dé a estas actividades dependerá el que se cumpla o no con los requerimientos de calidad de la obra en el tiempo y costo expresados en los documentos contractuales.

En general, el objeto principal de control o fiscalización de obras es el de procurar que los proyectos se realicen estrictamente de acuerdo a los planos, especificaciones, presupuesto y programas establecidos de acuerdo a las cláusulas contractuales de cada obra en particular, de manera que la responsabilidad sobre la ejecución de la obra y sobre divergencias que se presenten sean compartidas por el contratante y el contratista.

El fiscalizador del proyecto tiene la facultad para aceptar o rechazar los trabajos ejecutados por el contratista, cuando éstos hayan sido ejecutados de acuerdo a las especificaciones o las incumplan, respectivamente. Bajo estas circunstancias, el profesional responsable del control debe ser de gran experiencia, capaz de hacer prevalecer sus

recomendaciones, pero basado en fundamentos técnicos sólidos; así como de receptar sugerencias que le puedan ser de utilidad en la toma de decisiones.

El seguimiento continuo de las obras permitirá un conocimiento cabal del avance de las mismas, manteniendo al Ingeniero informado sobre el cumplimiento del plan de trabajo, lo que le sirve de base para detectar fallas; y, por consiguiente, determinar los correctivos y reformas para que el proyecto se ejecute normalmente bajo las condiciones contractuales especificadas.

Las actividades de fiscalización se enmarcan en dos tipos de control bien definidos: El Cualitativo y el Cuantitativo.

4.1. CONTROL CUALITATIVO

En la construcción de una obra pública, el control de calidad de los materiales de construcción y de todos los rubros de trabajo, son de especial consideración en las labores técnicas del control de obras públicas.

El examen periódico de los trabajos en ejecución debe hacerse de un forma objetiva, de manera que los resultados obtenidos sean los más idóneos, tal que reflejen la realidad

en cuanto a la calidad obtenida en las labores sujetas a control. En particular, debe hacerse el seguimiento de toda actividad mediante el apoyo imprescindible de las pruebas de laboratorio, desechando cualquier conclusión que sea producto de simple inspección ocular. La experiencia personal del fiscalizador podrá dar pautas para detectar fallas o posibles deficiencias en los trabajos ejecutados, pero que serán plenamente sustentados con los respectivos ensayos de laboratorio. Cuando se haya cumplido con esta condición principal, el profesional encargado de la fiscalización está en capacidad de aceptar o rechazar los trabajos ejecutados, según se hayan realizado con eficiencia o baja calidad, respectivamente.

4.2. CONTROL CUANTITATIVO

El control técnico del avance de obra, así como, de las cantidades de obra ejecutadas o en proceso de construcción, son actividades que deben ser seguidas de acuerdo con los volúmenes de obra, condicionándolas de acuerdo al pliego de prescripciones técnicas del proyecto.

Este control se efectúa mediante mediciones de la obra ejecutada desde el origen, debiéndose efectuar con prioridad y de acuerdo a la duración de la obra, resultando generalizado que las estimaciones de obra se preparen

mensualmente. La emisión de las planillas de pago al contratista será de tal manera que se incluyan todos los rubros que se hayan ejecutado satisfactoriamente y de acuerdo a las especificaciones contractuales, haciendo las respectivas retenciones que se describen en las cláusulas respectivas.

Para hacer eficiente y fácil de comprobar pro parte del fiscalizador los volúmenes de obra ejecutados, se hará constar en cada planilla los correspondientes anexos, pruebas y demás documentos que garanticen la veracidad de lo actuado. En los anexos se describirán claramente los datos de cálculo o de mediciones, en los que se pueda comprobar con facilidad cualquier estimación de obra o la inmediata identificación de algún dato útil para las labores de fiscalización.

No se pueden pasar por alto los respectivos informes de las pruebas de laboratorio, respecto a los materiales utilizados en la ejecución de obras o en cuanto a los resultados que estas pruebas arrojen sobre la calidad de ejecución de las mismas. El control de la programación de obra y el estado del equipo de construcción empleado para la realización de los trabajos, deben ser informados de una manera objetiva y precisa, que permita a las personas que tengan acceso a los datos a hacerse una idea real respecto al

avance del proyecto, así como, prevenir acciones acerca del desarrollo mismo de las actividades concernientes a la obra.

La programación debe ser controlada por medio del Cronograma Valorado de Trabajos presentado por el contratista y que permite conocer rápidamente acerca del avance de los trabajos según el grupo de rubros que intervienen en el proyecto motivo de control.

Consecuentemente, podemos observar que, entre estos dos tipos de control de obras, existe estrecha correlación, debido a que si bien el Control Cuantitativo nos sirve para constatar la programación, el Control Cualitativo es fundamental en cuanto se refiere a la calidad de ejecución de los trabajos. De esto podemos deducir que el Control Cuantitativo puede condicionar en gran medida al Control Cualitativo; por consiguiente, debe haber sólida correspondencia entre éstos para que las labores de fiscalización sean eficientes y objetivas.

CAPITULO V

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Para cualquier actividad dentro del campo de la construcción, es prioritario que quienes sean los encargados de llevar a efecto la obra material y aquellos que se encargen del respectivo control, sean técnicamente capaces y actúen con mesura, apoyados en los valores éticos y morales propios de la condición humana, pues las responsabilidades son recíprocas y muy delicadas.

De ahí que, el control de calidad de los materiales y la eficiente ejecución de los trabajos deben imponerse ante cualquier otra circunstancia; esto es, con apego estricto a las especificaciones, siendo también importante el empleo de mano de obra calificada en esta clase de actividades.

Dentro del análisis de los pavimentos, podemos decir que los Revestimientos Superficiales Bituminosos constituyen una buena solución como elementos que cumplen la función de impermeabilizar al sistema, observando que éstos simplemente mejoran las condiciones superficiales de rodadura del pavimento. Las Mezclas Asfálticas, en cambio, se comparten como elemento estructural soportante en el sistema.



La diferencia sustancial entre estos dos tipos de revestimiento es que mientras en los Tratamientos Superficiales Bituminosos existe un acomodamiento de las partículas aglomeradas con el asfalto; en las Mezclas Asfálticas, las partículas se cohesionan firmemente, formando un sistema homogéneo y unitario que lo convierte en un elemento integrante del sistema estructural del pavimento.

Los Tratamientos Superficiales Bituminosos son soluciones relativamente económicas y de fácil ejecución para las condiciones de servicio recomendadas. Cuando son correctamente ejecutados y con la garantía fehaciente en cuanto a la pureza y calidad de los materiales empleados, los resultados serán satisfactorios y de acuerdo a las expectativas planteadas en el diseño.

Si bien es cierto que este tipo de revestimiento, como su nombre lo indica, es eficiente como capa impermeabilizante, mejora e incrementa la vida de la superficie de caminos; también es primordial que se aplique sobre una estructura de suficiente espesor, capacidad de soporte y drenaje de excelentes condiciones, esto es, el sistema del pavimento debe ofrecer una estabilidad adecuada.

Para cualquier tipo de revestimiento, los elementos que conforman el pavimento debe ser suficientemente analizados,

tal que el comportamiento estructural del mismo satisfaga los requerimientos técnicos del diseño. Para que esto ocurra es imprescindible que los parámetros de diseño estén acorde a la realidad; y, los materiales empleados en la construcción sean debidamente analizados y respondan a los requisitos de las especificaciones contractuales. Cifrándonos exclusivamente a las normas establecidas y apoyados en el equipo técnico capacitado, tanto de parte del organismo de control como del constructor, podemos obtener éxito y eficiencia en la ejecución de una obra determinada.

Como observación a nuestro proyecto y refiriéndonos al diseño estructural del pavimento, en los tramos especificados en el Capítulo II, los cálculos corresponden a un Doble Tratamiento Bituminoso, y los espesores de los elementos de sistema responden a este tipo de revestimientos. Este comentario resulta de la diferencia existente entre los espesores utilizados en el proyecto y los que han obtenido en nuestro diseño, pues evidentemente, mientras los primeros resultan del análisis para un Triple Tratamiento Superficial Bituminoso, los segundos equivalen a un Doble Tratamiento Bituminoso.

Obviamente los espesores de la estructura del pavimento para un tratamiento doble debieran ser mejores y acordes al tipo de revestimiento utilizado. En base a esta observación

podemos distinguir la diferencia existente entre los espesores del pavimento, tanto para un Doble o Triple Tratamiento Bituminoso, refiriéndonos al siguiente cuadro:

	Espesor Sub-base		Espesor Base		Tratamiento Superficial Bituminoso
	Tramos 1-3	Tramo 2	Tramos 1-3	Tramo 2	
PROYECTO	40	20	20	20	TRIPLE RIEGO
NUESTRO	65	50	35	25	DOBLE RIEGO
DISEÑO	60	45	40	30	

Como podemos observar, la diferencia de espesores entre los dos diseños es bastante marcada, debido al tipo de revestimiento elegido para cada caso, que es el que determina el volumen de la estructura del pavimento.

En cuanto a la clasificación del Doble Tratamiento Superficial Bituminoso, según el método del Instituto del Asfalto, tanto las cantidades de material asfáltico como las de los agregados pétreos, son muy similares a las correspondientes recomendadas por la AASHO, que equivalen a un TSB-2B; tabla 3.4. Según el cuadro siguiente podemos comprobar esta observación:

MATERIALES A UTILIZARSE	AASHO TSB-2B	METODO INSTITUTO ASFALTO
Primera aplicación de asfalto	1,20 lts/m ²	0,92 lts/m ²
Primera distribución de agregado	19,0 Kg/m ²	19,04 Kg/m ²
Segunda aplicación de asfalto	1,10 lts/m ²	1,39 lts/m ²
Segunda distribución de agregado	8,0 Kg/m ²	7,32 Kg/m ²
TOTAL: aplicación de asfalto	2,30 lts/m ²	2,31 lts/m ²
distribución de agregado	27,00 Kg/m ²	26,36 Kg/m ²

La funcionalidad de un pavimento radica en asegurar el comportamiento adecuado de los agregados usados en su construcción a través del tiempo. Los materiales pétreos deben cumplir con las normas de calidad exigidas, pero al mismo tiempo es imprescindible proporcionarles seguridad frente a los agentes de meteorización que degradan las cualidades de resistencia de los mismos. Ciertamente, cuando las propiedades geomecánicas de los agregados se degradan, el pavimento comienza a perder aceleradamente su capacidad de soporte hasta producir el colapso de la estructura.

El agua es el principal agente destructor del sistema del pavimento, pues éste no es totalmente impermeable. "En el diseño normal de pavimentos se parte de la hipótesis, totalmente falsa, de que la estructura es totalmente impermeable y de que las aguas que caen sobre la vía se escurren en su totalidad afuera de ella, no existiendo infiltración alguna de agua a través del pavimento". El

pavimento no es totalmente impermeable. La superficie misma, las grietas y las uniones del sistema son vías que permiten el paso del agua hacia la estructura, ocasionando su deterioro progresivo debido a la mezcla de los agregados pétreos de la sub-base y base con los materiales finos de la subrasante, acción que se ve agravada por el arrastre ascendente desde la subrasante de los finos por acción del flujo capilar.

"Los dos procesos a los que está entonces sometida una carretera son:

1. Un proceso creciente de mezcla de los materiales arcillosos que constituyen la subrasante con los rocosos que constituyen el pavimento, en razón del doble flujo de agua, descendente y ascendente; y,
2. Un proceso creciente de meteorización de las rocas y minerales que constituyen el pavimento.

En definitiva, el problema del drenaje en carreteras es asunto de especial cuidado y debe tener trato preferencial. Cuando se observa fallas prematuras en las vías, generalmente se trata de incrementar espesores en las capas del sistema, a aumentar cantidades de asfalto o algún otro tipo de modificación, sin poner mayor atención al drenaje. En base a esto, los pavimentos con pobre drenaje pueden ser mucho más

costosos que aquellos bien drenados cuando son analizados con referencia a un largo período.

"La solución al problema antes planteado, implica la necesidad de ejecutar un diseño geotécnico racional, en el que básicamente se considere:

1. Un sistema de drenaje de pavimento, el que permitirá una adecuada y rápida evacuación de las aguas de infiltración en forma de impedir el desarrollo de presiones de poros por la acción de las cargas dinámicas aplicadas por los vehículos al pavimento, y el típico bombeo.
2. Un sistema de filtro ubicado entre la subrasante y la sub-base, que impida el ascenso por arrastre capilar de partículas arcillo-limosas y coloidales, desde la subrasante, hacia la sub-base y base.

Consecuentemente, es recomendable tener sumo cuidado en cuanto se refiere a la evacuación del agua subterránea, que asegure un normal y eficiente funcionamiento del sistema del pavimento.

Una alternativa que toma fuerza en la prevención de daños causados por el agua a las estructuras viales, es el colocar una capa cortadora de capilaridad entre la subrasante y la sub-base.



BIBLIOGRAFIA

- Diseño de Pavimentos Rígidos y Flexibles. Sociedad Argentina de Estudios.
- Revestimientos Asfálticos y Estabilización de Suelos. Sociedad Argentina de Estudios.
- Suelos y Materiales Viales. Sociedad Argentina de Estudios.
- Introducción al Estudio del Proyecto de Pavimentos. Ing. Boris Dorsman (SAE)
- Compactación de Pavimentos Asfálticos con Vibraciones, Experiencias Adquiridas en Diferentes partes del Mundo. Ing. Carlos Cueva O.
- Vías de Comunicación. Ing. Carlos Crespo Villalaz.
- Estudio de Compactación utilizando Rodillo Vibratorio. Ing. Carlos Cueva O.
- Procesos Constructivos, Compactación de Suelos y Pavimentos Asfálticos. Ing. Carlos Cueva O.
- Manual de Planificación y Programación para Obras Públicas y Construcción. Ing. José P. Bendicho Joven.
- Diseño Geotécnico de los Pavimentos de Carreteras. Ing. Raúl Maruri Díaz. (IIEA).
- Diseño de Pavimentos Flexibles. Ing. Francisco Beltrán.
- Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Ing. George B. Sowers e Ing. George F. Sowers.

- Manual del Asfalto. Instituto del Asfalto.
- Control de Obras Públicas. Ing. Jaime Sánchez V. e Ing. Gonzalo Bueno A.
- Pavimentos I. Ing. José A. Salvador U.
- Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes. Ministerio de Obras Públicas.