

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humnidades

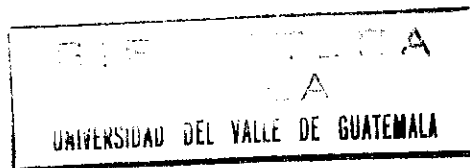
INTERPRETACION SOBRE EL USO CORRECTO DE
PAVIMENTOS ASFALTICOS MEZCLADOS EN CALIENTE

MAYA BANDINI GARCIA-MONTENEGRO C.

Guatemala

1992

INTERPRETACION SOBRE EL USO CORRECTO DE
PAVIMENTOS ASFALTICOS MEZCLADOS EN CALIENTE



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

INTERPRETACION SOBRE EL USO CORRECTO DE
PAVIMENTOS ASFALTICOS MEZCLADOS EN CALIENTE

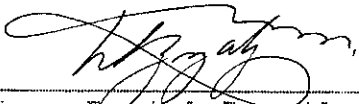
MAYA BANDINI GARCIA-MONTENEGRO C.

Trabajo de investigación presentado para
optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Civil

Guatemala

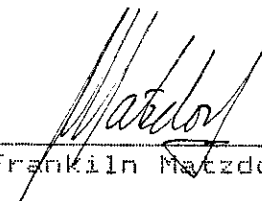
1992

Vo. Bo. :

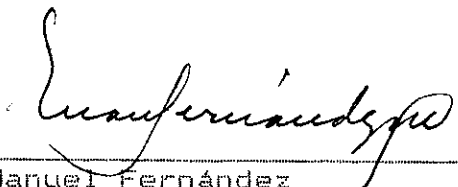
(f) 

Ing. Daniel González Muñoz
Asesor
Daniel A. González Muñoz
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 963

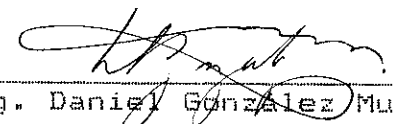
Tribunal:

(f) 

Ing. Franklin Matzdorf

(f) 

Ing. Manuel Fernández

(f) 

Ing. Daniel González Muñoz
Daniel A. González Muñoz
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 963

Fecha de aprobación: Octubre de 1992

Agradezco a la FAMILIA GARCIA PEREZ el apoyo y la ayuda que me brindaron durante la impresión de esta tesis; en especial a mi tío, el DR. ADOLFO GARCIA MONTENEGRO, por su paciencia.

A los Ingenieros:

DANIEL GONZALEZ, mi asesor,

FRANKLIN MATZDORF, mi jefe de departamento,

JORGE ANTILLON, por creer en mí,

MANUEL FERNANDEZ, por su ánimo.

A todos, nuevamente, MUCHAS GRACIAS.

A mis amores:
MAURO, DINA y ANDREA

A mis tesoros:
FRANK Y ANIKA

PREFACIO

En la evolución tecnológica que continúa caracterizando este proceso, los subsistemas del organismo constructivo están sujetos a transformaciones y a innovaciones que requieren de instrumentos de diseño y de control apropiados. Estos, en general, deben aun ser enseñados y cimentados en la práctica corriente.

Los aspectos imperceptibles y novedosos, de desconocimiento de los comportamientos de sistemas físicos, están atados, sobre todo, a modificaciones de los productos usados, en lo que concierne a las características físicas, químicas y tecnológicas, como en lo que concierne a la ejecución, los procedimientos de colocación y los sistemas administrativos. Los operadores conocen generalmente muy poco de estas modificaciones; hasta el momento en que los productos innovativos se evalúan, principalmente por experiencias directas, muchas veces negativas y siempre aleatorias. Esto es particularmente veraz desde el punto de vista de las interacciones que pueden nacer de la unión de materiales y productos con características poco más que desconocidas.

Los sistemas de pavimentación asfáltica con mezclas en caliente, que son el argumento de este trabajo, no escapan de la regla general.

Las experiencias recientes de muchos operadores pueden atestiguar la difusión y la gravedad de los fenómenos patológicos y de la degradación acelerada que sufren las pavimentaciones asfálticas de mezclas en caliente.

Por la anterior razón, este trabajo quiere ser un instrumento de ayuda para el conocimiento de los problemas significativos y de las características de los materiales empleados para la realización de los revestimientos de pavimentaciones asfálticas con mezclas en caliente, y para la estimación de las características necesarias para la buena calidad final del sistema.

Lejos de querer constituir un código de procedimientos, en el cual el profesional pueda encontrar la solución conforme a la práctica, este trabajo tiene como objetivos:

- 1) Facilitar la lectura de los datos, a veces complejos, propios de cada una de las soluciones,

permitiendo, al mismo tiempo, ilusorias simplificaciones y proporcionando, en la fase operativa, las indicaciones indispensables para las varias situaciones que están previstas en un proyecto de construcción.

2) Enfatizar en la importancia que tiene el control en la construcción y en la calidad del pavimento final.

CONTENIDO

	Páginas
PREFACIO	ix
I. INTRODUCCION	1
A. Tecnología del Asfalto	1
1. Pavimentos Asfálticos para tránsito vehicular	1
2. El concepto del diseño estructural	5
3. Materiales de los pavimentos asfálticos	7
4. Tipos de construcción de pavimentos asfálticos	14
5. Reconstrucción	15
6. Mantenimiento del pavimento	15
7. El técnico en asfalto	16
II. PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	17
A. Introducción	17
B. Definición de las mezclas asfálticas en caliente	17
C. Clasificación de las mezclas asfálticas en caliente	18

D.	Diseño de mezclas	19
1.	Objetivos del inspector	19
2.	Características y comportamiento de la mezcla	20
3.	Propiedades consideradas en el diseño de la mezcla	20
4.	Método Marshall	24
III.	PRODUCCION UNIFORME DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	27
A.	Continuidad de las operaciones	27
B.	Almacenamiento de las mezclas asfálticas en caliente	27
C.	Inspección y control de calidad	30
IV.	PAVIMENTACION CON MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	41
A.	Equipo para pavimentación asfáltica	41
1.	Introducción	41
	a) La operación de pavimentar	
	b) Planeamiento y preparación	
	c) Equipo para pavimentación asfáltica	
2.	Pavimentadoras	43
3.	Compactadoras	49
4.	Equipo auxiliar	52

B.	Preparación de la superficie del terreno a pavimentar	55
1.	Introducción	55
	a) La necesidad de la preparación del terreno	
	b) Compactación de la subrasante	
	c) Prueba del rodillo	
2.	Preparación de las superficies no pavimentadas	63
	a) Generalidades	
	b) Preparación de la subrasante	
	c) Bases no tratadas	
3.	Preparación de las superficies de pavimentos existentes	65
	a) Pavimentos bituminosos existentes	
	b) Pavimentos del tipo rígido	
C.	Distribución de la mezcla asfáltica en caliente para pavimentación	70
1.	Introducción	70
	a) Relación Ingeniero/Contratista	
	b) Planificación de la operación de distribución	
	c) Actividades previas a la pavimentación	
2.	Recepción de cargamentos de mezcla	74
	a) Boletos de carga	
	b) Inspección de la mezcla	
	c) Deficiencias de la mezcla	

3.	Distribución con la Pavimentadora Asfáltica	79
	a) Línea de guía	
	b) Espesor de la lechada	
	c) La operación de distribución	
4.	Construcción de las juntas	83
	a) Juntas longitudinales	
	b) Juntas transversales	
D.	Compactación de los pavimentos asfálticos de mezclas en caliente	89
1.	Introducción	89
	a) Premisas	
	b) Principios de compactación	
	c) Secuencia de rodadura	
2.	Procedimiento de rodadura	100
	a) Generales	
	b) Juntas transversales	
	c) Juntas longitudinales	
	d) Rodadura Inicial	
	e) Rodadura Intermedia	
	f) Rodadura final	
3.	Inspección del pavimento terminado	110
	a) Textura de la superficie	
	b) Tolerancia de la superficie	
	c) Densidad del pavimento	
4.	Otros aspectos importantes	114
	a) Muestreo	
	b) Tabulaciones y reportes	
	c) Control del tránsito	
	d) Mantenimiento	

V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
VI.	BIBLIOGRAFIA	127
	APENDICES	
	A. Asfaltos	129
	B. Agregados minerales	130
	C. Mezclas de pavimento asfáltico	130

LISTA DE HOJAS DE TABULACIONES

HOJA	Página
Diario del inspector de carreteras	116
Indice del diario del inspector de carreteras	117
División de pruebas: Primera capa	117
Base	118
Superficie	119
Reporte diario del inspector	120

I. INTRODUCCION

En esta sección se hará una introducción a la tecnología en el campo del asfalto. Se presenta una vista general que dá una perspectiva total del diseño, la construcción y el mantenimiento de los pavimentos asfálticos.

A. Tecnología del Asfalto

Hoy en día el mayor uso del pavimento asfáltico es para movilizar tránsito vehicular. Sin embargo, hay otros usos importantes de vital interés para los ingenieros y técnicos. Por ejemplo, el asfalto es usado en tanques de reserva y canales para almacenamiento y distribución de agua, así como para el control de la contaminación.

El objetivo de presentar las generalidades de la tecnología del asfalto es explicar los roles y oportunidades que se pueden presentar a los técnicos del asfalto.

1. Pavimentos asfálticos para tránsito vehicular

Concepto Básico:

La idea básica al construir un camino o un área de parqueo para uso de vehículos, en cualquier clima, es preparar una superficie aceptable, con un drenaje adecuado (de ser necesario) y así construir un pavimento que:

Tendrá un espesor total y una resistencia interna suficientes para soportar las cargas de tránsito previstas.

Prevedrá la penetración o acumulación interna de humedad y tendrá una textura superficial que sea lisa y resistente al desgaste por el clima y posibles químicos.

La función estructural de un pavimento es la de soportar la carga de la llanta en la superficie de dicho pavimento y transferirla y distribuirla a la subrasante sin sobrepasar, ni la resistencia de la subrasante, ni la resistencia interna del pavimento en sí.

Descripciones y definiciones:

Pavimento asfáltico es un término general aplicado a cualquier pavimento que tenga una superficie construida con asfalto. Normalmente consiste de una o más capas abajo de la superficie, hechas de agregados minerales cubiertos y cementados con asfalto; además puede contar con uno o más

estratos de base como soporte, los cuales pueden ser de los siguientes tipos:

1. Base asfáltica (consistente en mezclas de agregados y asfalto).
2. Piedra triturada (roca o grava).
3. Concreto de cemento Portland.
4. Ladrillo viejo o pavimentos de bloques de piedra.

La estructura del pavimento asfáltico consiste de todos los estratos que se encuentran sobre la subrasante preparada o cimiento.

Existe una variedad de bases y sub-bases que pueden ser usadas para las estructuras de los pavimentos asfálticos, los más comunes consisten de materiales granulares compactados o suelo estabilizado. Una de las principales ventajas de usar asfalto en pavimentos es el hecho de poder usar una gran variedad de materiales y de este modo tener una mayor economía al usar materiales locales.

Generalmente, es preferible tratar el material usado en las bases. El tratamiento más común es mezclar asfalto con material granular, produciendo así una base asfáltica.

Las bases y sub-bases no tratadas han sido ampliamente usadas en el pasado. Sin embargo, a medida que el tránsito moderno se incrementa en peso y volumen, estas bases tienen un uso limitado. Consecuentemente, hoy en día se trata de usar lo menos posible las bases no tratadas en pavimentos diseñados para altos volúmenes de peso y tránsito.

Cuando la totalidad de la estructura que se encuentra sobre la subrasante consiste de mezclas asfálticas, dicha estructura es llamada pavimento de espesor completo de asfalto. Este tipo de estructura es considerada la más moderna y la que representa el tipo de pavimento más adecuado para el tránsito de hoy en día.

Función de la superficie asfáltica:

La función de la superficie de un pavimento asfáltico expuesto a tránsito vehicular debe ser lisa para proporcionar confort a los pasajeros y evitar el daño a los vehículos. Debe ser impermeable e inclinada para que el agua escurra hacia los lados de la vía, de esta manera, se conseguirá proteger la totalidad de la estructura del pavimento asfáltico y la subrasante, de los efectos de la erosión por agua superficial.

Función de la base y de la sub-base:

La base y la sub-base son elementos estructurales del pavimento. Junto con la superficie asfáltica, su propósito es el de soportar internamente y distribuir las cargas de las ruedas del tránsito sobre la subrasante o cimiento. Para poder llevar a cabo esta función, tanto la base como la sub-base deben construirse con las propiedades de resistencia interna necesarias. En este aspecto, el pavimento con base asfáltica tiene una ventaja en especial sobre los pavimentos con bases granulares. La capa superior de los pavimentos asfálticos tiene la propiedad de resistir esfuerzos tanto de tensión como de compresión; mientras que las bases granulares no pueden resistir esfuerzos de tensión. De allí que las bases asfálticas distribuyan las cargas en áreas mayores que las bases granulares no tratadas. Como resultado, se requiere de un espesor total menor en la estructura de la base asfáltica. Esto se aplica a todas las condiciones de carga.

2. El concepto del diseño estructural

Determinación del espesor requerido para el pavimento:

Un avance significativo en la ingeniería de carreteras es la demostración que el diseño estructural de los pavimentos asfálticos es similar al problema de diseñar cualquier otra estructura compleja de ingeniería. Cuando el pavimento asfáltico se introdujo, poder determinar su

espesor era un trabajo de adivinanza basado en la experiencia.

No existe un espesor estándar para el pavimento. El espesor total requerido es determinado por procedimientos de diseño de ingeniería. Los factores a considerar en tal procedimiento son los siguientes:

1. Volumen y distribución del tránsito que será servido inicialmente y durante la vida útil del diseño del pavimento.

2. Resistencia y otras propiedades pertinentes a la subrasante.

3. Características, tales como resistencia de los materiales disponibles o escogidos para los estratos de la totalidad de la estructura del pavimento asfáltico.

4. Cualquier factor especial o peculiar en la vía a ser diseñada.

Construcción por etapas:

Debido al incremento anual en el volumen de tránsito y en el peso de los vehículos, el espesor inicial con el que

se construya el pavimento puede ser suficiente para manejar los volúmenes inmediatos y no ser suficientemente fuerte para manejar las necesidades futuras. En la pavimentación asfáltica este problema puede ser económicamente controlado agregando, cuando es necesario, estratos de asfalto para así incrementar la capacidad total del pavimento. Este procedimiento es llamado construcción por etapas. Esto evita una inversión excesiva al principio y, cuando un estrato de asfalto es agregado, la superficie es igual o mejor que la original.

Análisis del tránsito:

El peso y el volumen de tránsito que se espera que una vía soporte, al inicio y durante la vida útil diseñada, influencia el espesor requerido para la estructura del pavimento asfáltico. Se han desarrollado muchos métodos para determinar los volúmenes de tránsito, tanto presentes como futuros. La información obtenida es utilizada para propósitos de diseño. Sin embargo, en situaciones especiales, tales como vías de transporte de carga, donde el peso y la frecuencia de paso de los camiones actuales son conocidos, el espesor de diseño del pavimento es basado específicamente en los factores conocidos.

3. Materiales de los pavimentos asfálticos

Agregados:

En las mezclas asfalto-agregados, comúnmente usadas en los pavimentos asfálticos, los agregados constituyen de un 90 a un 95 % del peso de la totalidad de la mezcla, y el asfalto está entre un 5 y un 10 % del mismo. Obviamente, la naturaleza y la calidad de los agregados son de suma importancia. Los agregados de alta calidad son requeridos para mezclas resistentes, de alta calidad para la capa superficial, donde se verán concentradas las cargas de las llantas y donde los esfuerzos serán altos.

Los agregados de menor calidad suelen ser usados en las bases asfálticas, dado que los requerimientos de resistencia no son tan altos como en la capa superficial. Esto permite, muchas veces, el uso de agregados que se encuentran localmente, lo que reduce el costo del pavimento.

Las partículas más grandes en los agregados, mayores de 0.1 pulgadas, son obtenidas al triturar roca o grava. Las partículas más pequeñas, menores que 0.1 pulgadas, son obtenidas de arena natural.

Afinidad del agregado en el asfalto:

La afinidad del agregado para el asfalto es la tendencia de aceptar y retener un recubrimiento asfáltico. La arcilla y la dolomita tienen una alta afinidad para el

asfalto y son llamadas hidrofóbicas porque resisten los esfuerzos que el agua ejerce para arrancarles el asfalto.

Los agregados hidrofílicos tienen una baja afinidad con el asfalto. Consecuentemente, tienden a separarse de las películas de asfalto cuando entran en contacto o se ven expuestas al agua. Los agregados silíceos (algunos granitos) son ejemplos de agregados que deben usarse cuidadosamente.

No se tiene claro el porqué del comportamiento de los agregados hidrofóbicos y los agregados hidrofílicos. Sin embargo, se han realizado muchas pruebas de laboratorio para determinar su afinidad hacia el asfalto y su tendencia al arranque del mismo.

Asfalto:

El asfalto es un componente del petróleo. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y en algunas ocasiones, el aceite crudo puede ser casi en su totalidad asfalto. Sin embargo, existen algunos aceites crudos que no contienen asfalto. Basándose en su contenido asfáltico, los aceites se clasifican de la manera siguiente:

1. Base cruda de asfalto.
2. Base cruda de parafina
(no contiene asfalto)

3. Base cruda mezclada
(contiene tanto parafina como
asfalto).

Debido a que el asfalto es el mayor componente del aceite crudo, no se evapora o hierve cuando se destila. El asfalto utilizado hoy en día se produce en modernas refinerías y se le llama asfalto de petróleo.

El asfalto también es un material "bituminoso" debido a que contiene bitumen, el cual es un material de hidrocarburo, soluble en disulfato de carbono (CS₂).

El asfalto de petróleo que se emplea para pavimentos es usualmente llamado asfalto para pavimentación o cemento asfáltico, para así distinguirlo del asfalto hecho para otros usos, tales como recubrimiento de techos y propósitos industriales.

El cemento asfáltico bajo temperaturas atmosféricas normales (del ambiente) es un material negro, semi-sólido, de alta viscosidad. Debido a lo pegajoso del asfalto, éste se adhiere a las partículas de los agregados y puede ser usado para unirlos o "cementarlos" unas a otras. El pavimento asfáltico es impermeable y no es afectado por la mayoría de ácidos, álcalis y sales. Es también conocido como un material termoplástico, debido a que se suaviza

cuando se le calienta y se endurece cuando se enfría. Esta combinación única de características y propiedades es una razón fundamental para la importancia del asfalto como material de pavimentación.

Proporción y mezcla del asfalto con los agregados:

La proporción del asfalto con los agregados y la graduación de estos últimos, son de vital importancia para obtener un buen pavimento. Cuando se tiene demasiado asfalto en una mezcla, el resultado es un pavimento con poca estabilidad, que se deforma con el paso del tránsito. Una mezcla con poco asfalto producirá un pavimento de poca impermeabilidad y, por ende, poca durabilidad. Lo que se pretende de una mezcla para que sea eficiente es tener una relación asfalto/agregado adecuada. Esto resulta en un pavimento de mucha durabilidad y buena estabilidad. Tener máxima estabilidad a veces implica el tener poca durabilidad.

Preparación del asfalto para operaciones de construcción:

El cemento asfáltico debe ser temporalmente fundido, para poder manejarlo durante las operaciones de construcción, tales como bombeo a través de tuberías, transporte en tanques, mezcla con agregados, etc. Cuando

las operaciones de construcción se han terminado, el asfalto regresa a sus condiciones normales y adquiere características que lo hacen durable y estable.

Las tres maneras de fundir temporalmente al asfalto, para propósitos de operaciones de construcción, son las siguientes:

1. Fundiéndolo con calor. Después de las operaciones de construcción, el asfalto caliente se enfría y retorna de ser un fluido, a una condición normal de semi-sólido.

2. Disolviendo el asfalto en solventes de petróleo seleccionados. Después de la construcción, los solventes se evaporan dejando el asfalto en su lugar.

3. Emulsificando el asfalto en agua. El producto resultante es llamado asfalto emulsificado o emulsión asfáltica, es un fluido listo para las operaciones de construcción. Si durante la construcción el agua y el asfalto se separan, es cuando se dice que la emulsión se ha "quebrado".

RECAPITULACION DE MATERIALES

Un pavimento de mezcla asfáltica en caliente está compuesto de asfalto y agregado, calentados y mezclados en una pasta uniforme.

Casi todos los asfaltos que se usan hoy en día son refinados del petróleo crudo. El cemento asfáltico está clasificado, tanto por su viscosidad, como por su penetración. Entre las propiedades físicas del asfalto, las más importantes son: la durabilidad, la adhesión y la cohesión, la susceptibilidad a la temperatura y la resistencia al endurecimiento y al envejecimiento. Las pruebas típicas para el asfalto, incluyen pruebas diseñadas para determinar la viscosidad del cemento asfáltico, la penetración, el envejecimiento y las características de endurecimiento, la ductilidad, la solubilidad y la gravedad específica.

Debido a que el asfalto es un hidrocarburo y se mantiene caliente durante su almacenamiento, manejo y muestreo, se debe tomar ciertas precauciones para prevenir lastimaduras por quemaduras y humos venenosos.

Los agregados están clasificados como sedimentarios, ígneos o metamórficos, dependiendo de la manera en que se han formado. Los agregados para pavimentación incluyen agregados naturales, agregados procesados, agregados sintéticos o artificiales y rellenos minerales.

Las propiedades de los agregados, que son de mayor interés en pavimentación, son el tamaño de las partículas y su graduación, limpieza, resistencia, forma de las partículas, textura de la superficie, capacidad de absorción y afinidad hacia el asfalto.

4. Tipos de construcción de pavimentos asfálticos

Mezcla en planta:

Las mezclas para pavimentación asfáltica, preparadas en plantas centrales de mezclado, son conocidas como plantas de mezcla. El concreto asfáltico producido en las plantas de mezcla es considerado como el de mayor calidad. Consiste en una mezcla de agregados bien graduados, de alta calidad y cemento asfáltico. El asfalto y el cemento son calentados separadamente de 250 a 325 grados Fahrenheit, cuidadosamente medidos y proporcionados, luego mezclados hasta que todas las partículas de los agregados queden totalmente recubiertas por el asfalto. La mezcla caliente, se mantiene así, durante el transporte hacia el lugar en que será colocada por una máquina pavimentadora. La delgada capa que sale de la pavimentadora es compactada por rodillos, para propiciar la densidad, antes del enfriamiento del asfalto. El concreto asfáltico es uno de las muchas variedades de mezclas en caliente para pavimentos asfálticos.

5. Reconstrucción

La reconstrucción puede ser considerada como una forma o extensión de una de las etapas de la construcción. Aunque normalmente la construcción por etapas significa el mejoramiento en la resistencia del pavimento, la reconstrucción incluye generalmente esto y más. Por ejemplo, una calle puede ser demasiado angosta y tener una resistencia de pavimento inadecuada. El drenaje, alineación, curvatura, sección transversal y otros aspectos geométricos también pueden ser inadecuados. La reconstrucción deberá mejorar todos y cada uno de esos aspectos, manteniendo la mayor parte del pavimento existente como útil, aplicando una capa asfáltica directamente sobre dicho pavimento. El ensanchamiento del asfalto en conexión con el incremento en resistencia puede entonces ser práctico y económico.

6. Mantenimiento del pavimento

Desde el día en que un pavimento nuevo es abierto al tránsito, empieza a experimentar un deterioro gradual debido a las cargas de tránsito y a los efectos del clima. Sin mantenimiento, el pavimento se convertiría en una inversión inútil y sería rápidamente desperdiciada. De allí la necesidad de dar un servicio de mantenimiento continuo y

constante, para preservar la inversión y mantener la vía en su total función de servicio público.

Así como la construcción del pavimento se lleva a cabo en unos cuantos meses, el mantenimiento debe hacerse por años.

7. El técnico en asfalto

Los técnicos en asfalto son requeridos, no sólo para lo que es la construcción de áreas a pavimentar, sino también en trabajos que se llevan a cabo en refineries, en laboratorios de investigación y control. Se necesitan técnicos en asfalto, tanto en plantas como en el campo y en operaciones de laboratorio.

II. PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

A. Introducción

En esta sección se describe la combinación de dos materiales, asfalto y agregado, en proporciones tales que se produzcan mezclas de pavimentación satisfactorias.

El objetivo es definir el concreto asfáltico, así como otro tipo de mezclas asfálticas en caliente, presentando procedimientos y consideraciones generales del diseño de mezclas.

B. Definición de las mezclas asfálticas en caliente

La pavimentación con mezclas asfálticas en caliente consiste de la combinación de agregados uniformemente mezclados y recubiertos con cemento asfáltico. Para secar los agregados y obtener suficiente fluidez del cemento asfáltico para facilidad de trabajo y mezclado apropiado. Tanto los agregados como el asfalto deben ser calentados previamente al mezclado, de ahí el término mezcla en caliente.

Los agregados y el asfalto son combinados en una planta de mezclado, en la cual todos los materiales constituyentes

son calentados, proporcionados y mezclados para producir la mezcla deseada para una debida pavimentación. Después que se ha completado el mezclado en la planta, la mezcla caliente se transporta al lugar de pavimentación, donde se distribuirá dicha mezcla con una máquina pavimentadora, para luego ser compactada hasta obtener una superficie uniforme.

Mientras la mezcla permanece caliente, el material se compacta, usando unos rodillos metálicos pesados y luego compactadores de llanta de hule, los cuales pueden ser de peso estático o vibratorios, para así obtener una textura adecuada y bien consolidada.

C. Clasificación de las mezclas asfálticas en caliente

Las mezclas asfálticas en caliente, para pavimentación, pueden ser producidas con base en un amplio rango de combinaciones de agregados, cada una de las cuales tiene sus propias características, que cumplen con los requisitos específicos de diseño y usos en la construcción. Aparte de la cantidad y del grado del asfalto usado, las características principales de la mezcla se determinan, esencialmente, por los contenidos relativos de:

- a) Agregado grueso (retenido en el tamiz # 8)
- b) Agregado fino (pasa el tamiz # 8)
- c) Polvo mineral (pasa el tamiz # 200)

El concreto asfáltico es un tipo de mezcla en caliente que cumple con los requerimientos estrictos, y debe ser cuidadosamente definido. Es una mezcla en caliente, de alta calidad y cuidadosamente controlada, de cemento asfáltico y agregados bien graduados de alta calidad, compactado en una masa de densidad uniforme, tipificada por las mezclas para pavimentación de alta densidad de graduación.

D. Diseño de Mezclas

1. Objetivos del Inspector

Entender el propósito del Método de Marshall, conocer los principales procedimientos involucrados en el mismo y reconocer las causas principales de las deficiencias típicas en las mezclas para pavimentación asfáltica.

En una mezcla en caliente para pavimentación asfáltica, el asfalto y el agregado son mezclados en proporciones bien precisas. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, ultimadamente, cual será el comportamiento de la mezcla como pavimento terminado. Existen dos métodos usados comúnmente para determinar las proporciones correctas del asfalto y del agregado en las mezclas: Estos son el Método Marshall y el Método Hveem.

Ambos métodos son ampliamente usados para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente. La selección y el uso de cualquiera de estos dos métodos es principalmente una cuestión de preferencia, ya que cada método tiene sus ventajas. Cualquiera de los dos métodos puede ser usado con resultados satisfactorios.

2. Características y comportamiento de la Mezcla

Quando se prepara un muestra de mezcla en el laboratorio, ésta puede ser analizada para determinar su posible comportamiento en la estructura de un pavimento. El análisis se concentrará en cuatro características de la mezcla y en la influencia que esas características tengan en el comportamiento de la misma. Dichas características son:

Densidad de la mezcla

Espacios llenos de aire

Espacios en el agregado mineral

Contenido de asfalto

3. Propiedades consideradas en el Diseño de la Mezcla

Los buenos pavimentos de mezclas asfálticas en caliente funcionan bien porque son diseñados, producidos y colocados de tal manera que se les proporcione ciertas propiedades

deseadas. Existen muchas propiedades que contribuyen a la calidad de los pavimentos de mezclas en caliente. Algunas de estas son:

Estabilidad

Durabilidad

Impermeabilidad

Trabajabilidad

Flexibilidad

Resistencia a la fatiga

Resistencia al deslizamiento

El objetivo más importante del diseño de mezclas es lograr que la mezcla del pavimento tenga cada una de estas propiedades. Debido a eso, el inspector deberá estar al tanto de cuáles son las propiedades requeridas, cómo se evalúan y qué significado tienen en términos del comportamiento del pavimento. Ver tablas a continuación:

BAJA ESTABILIDAD

CAUSAS	EFFECTOS
EXCESO DE ASFALTO EN LA MEZCLA	LAVADO DEL TABLERO
EXCESO DE ARENA MEDIANA EN LA MEZCLA	DIFICULTAD EN LA COMPACTACION DEBIDO A LA SUAVIDAD DURANTE LA RODADURA Y EL PERIODO POSTERIOR A LA CONSTRUCCION
AGREGADOS REDONDEADOS, PEQUEÑOS O CON SUPERFICIES QUE NO SON SUFICIENTEMENTE AGUDAS	CANALEADO

BAJA DURABILIDAD

CAUSAS	EFFECTOS
BAJO CONTENIDO DE ASFALTO	RESECAMIENTO
COMPACTACION NO SUFICIENTE O MAL DISEÑO	ENDURECIMIENTO PREMATURO DEL ASFALTO, SEGUIDO DE RAJADURAS O DESINTEGRACION
AGREGADO SUSCEPTIBLE AL AGUA EN LA MEZCLA	CIERTAS PELICULAS DE ASFALTO SE DESPRENDEN DEL AGREGADO, DEJANDO UN PAVIMENTO SUSCEPTIBLE A LA ABRASION

MEZCLA DEMASIADO PERMEABLE

CAUSAS	EFFECTOS
BAJO CONTENIDO DE ASFALTO	LAS PELICULAS MUY DELGADAS DE ASFALTO CAUSARAN UN DETERIORO PREMATURO
MAL DISEÑO DE LA MEZCLA	FACIL PENETRACION DE AIRE Y AGUA, OXIDACION Y DESINTEGRACION
COMPACTACION INADECUADA	INFILTRACION DE AGUA Y BAJA EN LA RESISTENCIA

BAJA TRABAJABILIDAD

CAUSAS	EFFECTOS
TAMAÑO DE LA PARTICULA MAYOR DEMASIADO GRANDE	SUPERFICIES RASPOSAS DIFICILES DE COLOCAR
EXCESO DE AGREGADO GRUESO	DIFICULTAD EN LA COMPACTACION
TEMPERATURA DE LA MEZCLA DEMASIADO BAJA	AGREGADO SIN RECUBRIR, POCA DURABILIDAD
DEMASIADA ARENA DE TAMAÑO MEDIANO	LA MEZCLA SE MANTIENE SUAVE Y NO SE PUEDE COMPACTAR

BAJA RESISTENCIA A LA FATIGA

CAUSAS	EFFECTOS
BAJO CONTENIDO DE ASFALTO	RAJADURAS POR FATIGA
COMPACTACION INSUFICIENTE	DETERIORO PREMATURO SEGUIDO POR QUIEBRES POR FATIGA
ESPESOR INADECUADO DEL PAVIMENTO	PANDEO EXCESIVO SEGUIDO DE QUIEBRES POR FATIGA

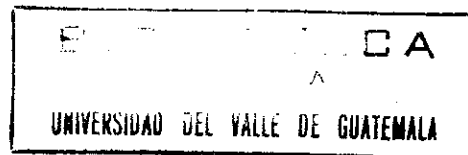
BAJA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

CAUSAS	EFFECTOS
EXCESO DE ASFALTO	BAJA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO
MALA TEXTURA DE AGREGADO O MALA GRADUACION	PAVIMENTO LISO
AGREGADO PULIDO EN LA MEZCLA	BAJA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

4. Método Marshall

El propósito del Método Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto, para una mezcla particular de agregados. El método también provee de información sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente resultante y establece la densidad óptima que se debe tener durante la construcción del pavimento.

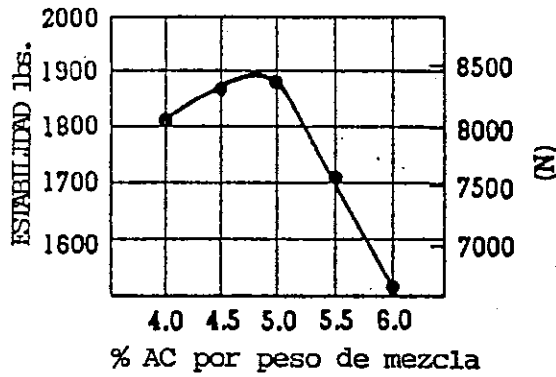
El Método Marshall es aplicable únicamente a mezclas de pavimentación asfáltica en caliente usando cementos asfálticos de grado de penetración estandarizado y conteniendo agregados con tamaños máximos de 25.0 mm. (1") o menos. El método puede ser usado tanto en diseño de laboratorio, como en control de campo de la pavimentación con mezclas asfálticas en caliente.



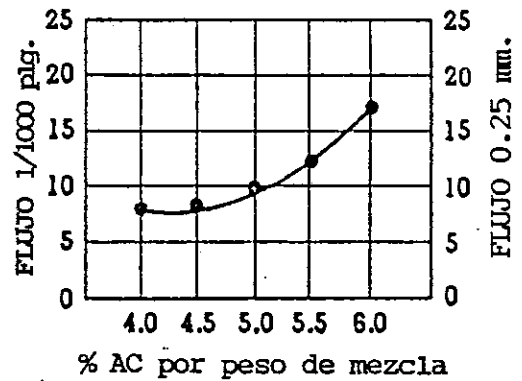
CRITERIOS DEL DISEÑO MARSHALL

Ejemplo de curvas ploteadas que muestran los resultados de las pruebas efectuadas en cinco especímenes MARSHALL

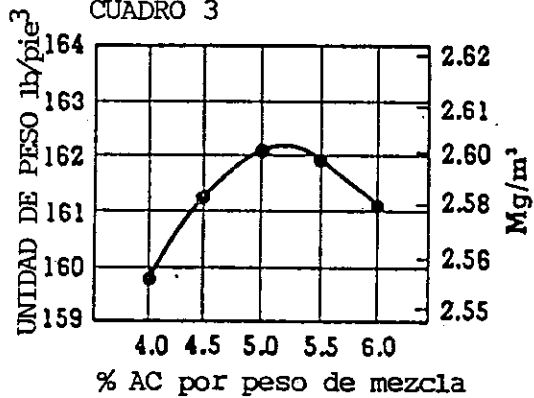
CUADRO 1



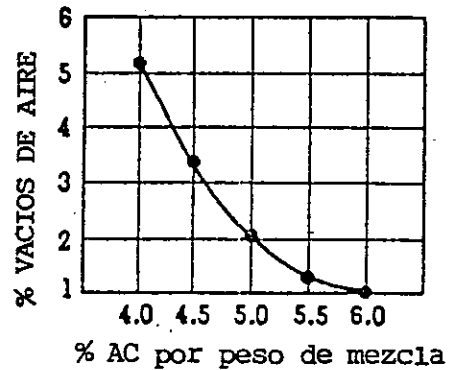
CUADRO 2



CUADRO 3



CUADRO 4



III. PRODUCCION UNIFORME DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

A. Continuidad de las operaciones

Una de las partes esenciales para obtener una mezcla en caliente de alta calidad es una operación continua en planta. Asimismo, una de las partes esenciales para obtener un pavimento asfáltico consistente y uniforme es una operación continua de pavimentación. La calidad de la mezcla, el factor humano, o ambos, sufren cuando uno de los dos opera intermitentemente.

La operación de pavimentación deberá ser interrumpida, en el caso que la producción de la planta se vea detenida, a menos que se haya previsto alguna resolución anterior.

En los casos en que se desea producir un pavimento grueso (de un espesor de hasta 6 pulgadas), la planta no tiene la capacidad para producir la mezcla, al ritmo requerido para mantener la pavimentadora constantemente llena, a menos que se prevean otros recursos alternos.

B. Almacenamiento de las mezclas asfálticas en caliente

En los casos en que las operaciones de pavimentación deben ser interrumpidas, la planta podría seguir produciendo mezcla. En tales casos, la mezcla que no habrá de utilizarse inmediatamente, deberá almacenarse en recipientes (silos con forma cónica). La mezcla caliente es vaciada en la parte superior del silo, de tal manera que caiga verticalmente a lo largo del eje vertical de la estructura. Este sistema se ha diseñado de manera que casi no exista escurrimiento por las paredes superiores del silo y así la segregación de la mezcla será mínima. Conforme se va llenando el fondo, la mezcla se mantiene uniforme.

Existen también recipientes giratorios que mantienen la mezcla en constante movimiento, como es el caso de algunos camiones que transportan la mezcla en caliente. De este modo la mezcla no se segrega y se mantiene uniforme. Este tipo de recipientes puede ser llenado en cuestión de segundos, mientras que los camiones deben esperar en la planta, por la producción de varias tandas, antes de ser cargados.

Los silos de almacenamiento pueden guardar de 50 a 100 toneladas de mezcla. Normalmente pueden almacenar mezclas en caliente hasta durante 12 horas sin que haya una pérdida significativa de calor o de calidad.

En los casos de las pavimentaciones que requieren producciones mayores a la capacidad de la planta, los silos de almacenamiento se usan para ser llenados antes de empezar las operaciones de pavimentación y así incrementar la eficiencia.

A veces es necesario almacenar mezclas en caliente por mas de 12 horas. Silos de almacenamiento, similares a los recipientes giratorios, son utilizados para ese propósito. La capacidad de esos silos (calentados) de almacenamiento puede llegar hasta 350 toneladas. Pueden almacenar mezclas asfálticas en caliente, hasta por 28 días, sin que se dé daño alguno en la mezcla. La mezcla en caliente envejece rápidamente cuando se ve expuesta al aire. El proceso de oxidación endurece el asfalto. Para un almacenamiento a largo plazo se utiliza una atmósfera sin oxígeno, para así prevenir el endurecimiento de la mezcla en caliente.

Los silos de almacenamiento pueden ser ubicados a grandes distancias de la planta. Esto hace posible que la planta pueda servir un área mayor y proveer mezclas asfálticas en caliente, para pavimentación en tiempos en los cuales dicha planta normalmente no estaría operando.

C. Inspección y control de calidad

Coordinación con las fuerzas pavimentadoras:

La cooperación entre la planta y la pavimentadora, y el ingeniero a cargo del proyecto es de vital importancia para el control de la planta. Si las fuerzas pavimentadoras están familiarizadas con las operaciones de la planta, éstas pueden observar condiciones y podrían sugerir un cambio en dichas operaciones de planta.

Técnicos asistentes:

Normalmente el dueño deberá haber cumplido con todos los requerimientos de pruebas e inspecciones; sin embargo, con el incremento en el énfasis que se hace a los resultados finales de las especificaciones, el productor (industrial), en muchos casos, deberá hacerse cargo del control de calidad y el dueño se encargará sólo de las pruebas, para que el material final sea aceptado.

Independientemente de si el control de calidad es responsabilidad única del dueño, el técnico de planta deberá tener uno o mas asistentes para el trabajo de inspección y laboratorio, dependiendo del volumen de producción y del grado de automatización de la planta. Será responsabilidad

del técnico de planta asignarle a estos hombres sus tareas y deberes e instruirlos en la buena realización de su trabajo.

Si no se cuenta con un sistema automático de recolección de resultados, el dueño deberá poner un técnico asistente en las balanzas de peso de los camiones, para que éste registre y observe los pesos, cantidades a pagar y hacer los boletos de salida de la mezcla.

LISTA DE REVISION DEL INSPECTOR DE PLANTA

CHEQUEO PARA ALMACENAMIENTO Y MANEJO DEL MATERIAL

- 1) ¿Los Agregados cumplen con las especificaciones?
- 2) ¿Se están produciendo las medidas correctas?
- 3) ¿Es satisfactorio el almacenamiento de los agregados?
- 4) ¿Están separadas apropiadamente las pilas de almacenamiento?
- 5) ¿Están construidas adecuadamente las pilas de almacenamiento?
- 6) ¿Está siendo adecuadamente manejado el agregado que se encuentra apilado?
- 7) ¿Se está controlando la segregación?
- 8) ¿Se está manteniendo seco el relleno mineral?

CHEQUEO PARA CALENTAMIENTO DEL ASFALTO, CIRCULACION
Y TEMPERATURA DE LA MEZCLA

- 1) ¿Está siendo calentado el asfalto uniformemente a la temperatura especificada?
- 2) ¿Se controló que ninguna de las líneas tuviera pérdida?
- 3) ¿Se han mantenido las temperaturas especificadas para la mezcla y sus componentes?

CHEQUEO DE LA PLANTA MEZCLADORA DE TAMBOR

- 1) ¿Cumplen las balanzas con las especificaciones?
- 2) ¿Han sido calibradas las balanzas?
- 3) ¿Han sido verificadas las balanzas en cuanto a su tolerancia?
- 4) ¿Cuelga libremente la caja de pesos?
- 5) ¿Están en buen estado las partes de la mezcladora?
- 6) ¿El correcto el tamaño del lote a ser mezclado?
- 7) ¿Tienen el asfalto y los agregados las temperaturas adecuadas al momento de ser introducidos en los recipientes para pesar?
- 8) ¿Hay alguna válvula o compuerta que tenga fuga?
- 9) ¿Es adecuado el tiempo de mezclado?
- 10) ¿Están bien ajustados los puntos de la balanza para el control de pesos?
- 11) ¿Están mezclando a la velocidad adecuada las paletas de mezclado?
- 12) ¿Son suficientes las capacidades de las pantallas para manejar la alimentación máxima de la secadora?
- 13) ¿Están limpias las pantallas?
- 14) ¿Están enteras las pantallas o están rotas?
- 15) ¿La distribución es excesiva o irregular?
- 16) ¿Se tiene un acceso adecuado al muestreo?

CHEQUEO DE LA SECADORA Y DEL COLECTOR DE TAMBOR

- 1) ¿Cumplen con las especificaciones, la secadora y el colector de polvo?
- 2) ¿Está adecuadamente seco el agregado?
- 3) ¿Se encuentran los agregados a la temperatura adecuada?
- 4) ¿Se encuentran en balance los componentes de la secadora?
- 5) ¿Está en balance la secadora con otros componentes?
- 6) ¿El aparato para medir el calor está instalado correctamente?
- 7) ¿Se ha verificado con esmero el aparato que mide el calor?
- 8) ¿El colector de polvo está en balance con la secadora?

CHEQUEO DEL MUESTREO Y LAS PRUEBAS

- 1) Se han tomado suficientes muestras?
- 2) ¿Son representativas las muestras?
- 3) ¿Se están llevando a cabo adecuadamente las pruebas?
- 4) ¿Los resultados de las muestras pueden obtenerse prontamente para que sean efectivos?

CHEQUEO DE LOS RECORDS

- 1) ¿Están completos los records?
- 2) ¿Están al día?

CHEQUEO DE RESPONSABILIDADES MISCELANEAS

- 1) ¿Se han inspeccionado las palanganas de los camiones?
 - 2) ¿Fueron drenadas las palanganas de los camiones después de haber sido rociadas?
 - 3) ¿Cumplen los camiones con los requerimientos de las especificaciones?
 - 4) ¿Se han equipado los camiones con cobertores?
 - 5) ¿Tiene la mezcla una apariencia uniforme?
 - 6) ¿Es satisfactoria la apariencia general de la mezcla?
 - 7) ¿Es satisfactoria y uniforme la temperatura de la mezcla?
 - 8) ¿Satisface la mezcla con los requerimientos de colocado?
 - 9) ¿Han sido propiamente instruidos los asistentes?
 - 10) ¿Se están tomando en cuenta las medidas de seguridad?
-

Muestreo y prueba de los materiales:

Todos los materiales que se consideren utilizables en una estructura de pavimento asfáltico deberán ser muestreados, ensayados y evaluados para ser comparados con los requerimientos de calidad especificados para el trabajo. El control de los resultados permitirá realizar un diseño de pavimento económico y procedimientos de construcción adecuados.

Las muestras de la mezcla asfáltica a ser usada en la estructura del pavimento deberán tomarse de las cargas de los camiones que dejan la planta o de la parte posterior de la pavimentadora, después del esparcimiento y antes de la compactación, para ser ensayadas y evaluadas para asegurar que las especificaciones requeridas han sido cumplidas.

Control de calidad:

La uniformidad de la mezcla asfáltica deberá de ser controlada cuidadosamente. Mientras la planta está en operación, es necesario obtener muestras para la evaluación, en varios puntos a lo largo de la producción.

Procedimiento a seguir para el control de mezcla asfáltica no compactada:

- a) Obtener muestras de los materiales antes de ser mezclados
- b) Obtener muestras de la mezcla en la planta
- c) Revisar cada muestra en su graduación, contenido asfáltico y efectuar pruebas de propiedades de diseño

- d) Revisar la temperatura de la mezcla al momento de ser entregada a la pavimentadora

Inspección de los camiones:

Los camiones deben ser inspeccionados para evitar fugas o muescas profundas que pueden causar que el material se pegue. Siempre, antes de cargar, la cama del camión debe estar libre de cualquier material que pueda deteriorar la mezcla.

Muchos métodos son usados para prevenir que la mezcla se pegue a la palangana de los camiones, incluyendo soluciones de agua jabonosa. Cualquiera de estos materiales puede ser dañino para la mezcla si es usado en exceso. En todos los casos, las palanganas de los camiones deben ser levantadas, de manera que salga hasta la última partícula de esos materiales (por escurrimiento), antes de cargarla con la mezcla.

Las palanganas de los vehículos de transporte deben ser cubiertas y aisladas, para mantener la temperatura de la mezcla dentro de los rangos especificados.

Observación de la mezcla:

La mezcla final deberá ser observada constantemente. No hay ningún aparato de prueba que sea tan rápido y conveniente como el ojo humano. La inspección visual no debe de ser el único factor en la evaluación de la calidad de la mezcla, pero ciertamente tiene mucha importancia en el control de las mezclas en caliente.

El control de la temperatura debe ser revisado a lo largo de todas las fases de la producción de las mezclas en caliente. Este es un factor primario en el control de calidad. El técnico de planta debe familiarizarse con la apariencia de la mezcla en el rango correcto de temperatura, a modo de reconocer por inspección visual, si la mezcla está a la temperatura adecuada. La expulsión del camión de un humo azul indica que la mezcla está sobre-calentada. Si la mezcla final está sub-calentada puede aparecer pesada al ser depositada en el camión y puede tener una distribución no uniforme de asfalto. Al terminar la operación de carga del camión puede notarse una montañita en la cúspide, esto también indica que la mezcla está sub-calentada.

Si por observación, la temperatura no aparece ser correcta, ésta deberá medirse con un termómetro.

Antes de empezar la producción, todas las personas involucradas deberán estar familiarizadas con la apariencia y las características físicas de la mezcla a ser usada en el

proyecto. Esto puede lograrse observando de cerca las mezclas en el laboratorio central o de campo.

Algunas condiciones no satisfactorias que pueden ser fácilmente detectadas son:

- 1) Apariencia no uniforme
- 2) Mezcla seca, usualmente de color marrón
- 3) Mezcla con exceso de asfalto, de apariencia grasosa
- 4) Flotación de agua sobre la mezcla, indica que hay escape de la humedad interna de la mezcla

Tiempo de producción:

Varias fases de producción en la planta requieren de un control estricto del tiempo en que se llevan a cabo. El hecho de tomarle el tiempo al ciclo de mezclado puede ser de gran valor. La producción por hora puede ser calculada, si se toma el tiempo necesario para producir una cierta cantidad de mezcla. Con ese tipo de información, las irregularidades en la operación de planta pueden ser detectadas a tiempo y solucionadas.

IV. PAVIMENTACION CON MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

A. Equipo para pavimentación asfáltica

1. Introducción

a) La operación de pavimentar:

Esparcir y compactar la mezcla asfáltica es la operación hacia la cual están dirigidos todos los procesos. Los agregados han sido seleccionados y combinados; la mezcla diseñada; la planta y su equipo auxiliar han sido preparados, ajustados e inspeccionados y los materiales mezclados entre sí y proporcionados a la pavimentadora.

La mezcla asfáltica es transportada al lugar de pavimentación y depositada directamente en la pavimentadora, o en montículos frente a la misma. Seguidamente, la pavimentadora esparce la mezcla a un ancho y espesor previamente establecidos mientras se desplaza hacia adelante. En esta operación la pavimentadora compacta ligeramente el material. Inmediatamente, o poco después, pero mientras la mezcla está todavía caliente, los rodillos de acero primero y los compactadores de llantas de hule después, son pasados sobre la mezcla asfáltica recién colocada, compactando aún más la mezcla asfáltica. La

compactación continúa generalmente hasta que el pavimento adquiera la densidad requerida, o la temperatura haya descendido a un punto en el que una compactación adicional pueda producir resultados negativos.

Después que la cinta asfáltica pavimentada ha sido compactada y dejada enfriar, está lista para recibir otra capa de pavimentación o para soportar las cargas del tránsito.

b) Planeamiento y preparación:

Las operaciones de pavimentación requieren de cuidadosas planeación y preparación. La superficie a pavimentar tiene que ser propiamente preparada. Suficientes equipos y vehículos tienen que estar disponibles y en buenas condiciones, para proveer un flujo continuo de materiales para evitar demoras. La producción de la planta tiene que ser estrictamente coordinada con la operación de pavimentación, y la compactación de las mezclas recién colocadas tiene que ser rápida y adecuada.

c) Equipo para pavimentación asfáltica:

La mayoría de las mezclas asfálticas se colocan con una pavimentadora asfáltica o con una máquina de acabado de superficie y son compactadas, ya sea con rodillos de acero,

con rodillos de hule o con ambos. Este es el equipo básico para pavimentar. Otro equipo usado en la operación de pavimentar incluye: el distribuidor de asfalto, el nivelador, el equipo para hacer túmulos, la herramienta manual y otros.

2. Pavimentadoras

Operación de la pavimentadora:

La pavimentadora esparce la mezcla en una capa de espesor uniforme y forma deseada, dejándola lista para la compactación. Las pavimentadoras modernas están montadas en orugas o ruedas. Estas máquinas pueden colocar una capa de pavimento desde menos de 2.5 cm. (1"), hasta aproximadamente 25.0 cm. (10") de espesor, en un ancho de 1.85 m. (6') a 9.75 m. (32'). La velocidad de avance oscila generalmente entre 3.05 m/min (10 pies/minuto) y 21.35 m/min (70 pies/minuto).

La pavimentadora es una máquina importante y relativamente grande, con muchos componentes sujetos a ajustes. La mayoría de las pavimentadoras actualmente en uso pueden diferir en detalles, pero todas se parecen en los principios básicos.

La mezcla es vertida en la tolva receptora, en la parte anterior de la máquina, desde un camión que es empujado hacia adelante por la pavimentadora; en efecto, unos rodillos montados en el frente de la pavimentadora se apoyan contra las llantas traseras del camión y permiten que dicha pavimentadora empuje al camión que va proporcionando la mezcla asfáltica.

Otro método para cargar la pavimentadora es el siguiente: la mezcla colocada frente a la pavimentadora, en montículos de tamaño predeterminado, es levantada por un aditamento montado en la pavimentadora. Esta unidad llamada "cargador", levanta el material y lo deposita en la tolva receptora, mientras la pavimentadora se desplaza hacia adelante. Una vez recibido el material en la tolva, dos alimentadores de barra, controlados independientemente, desplazan la mezcla hacia atrás a través de las puertas de control, hasta los tornillos esparcidores. Cada uno de ellos está sincronizado con su respectivo alimentador, permitiendo al operador distribuir exactamente la mezcla frente a la unidad niveladora.

Unas zapatas cortadoras, pueden ser instaladas como extensiones de la unidad niveladora, para limitar el ancho de la cinta asfáltica, o extenderlo más allá del ancho de la unidad niveladora.

La unidad tractora:

La pavimentadora asfáltica consiste esencialmente de una unidad tractora y una unidad niveladora. La unidad tractora proporciona el movimiento a través de rodillos de metal o de hule, que se desplazan sobre la base de la vía a pavimentar. Incluye una planta de poder, una tolva recibidora, un elevador alimentador, tornillos de distribución, controles y asiento del operador. La mayoría de las pavimentadoras están equipadas con controles duales, de tal forma que el operador pueda sentarse cerca de cualquiera de éstos, mientras opera la pavimentadora.

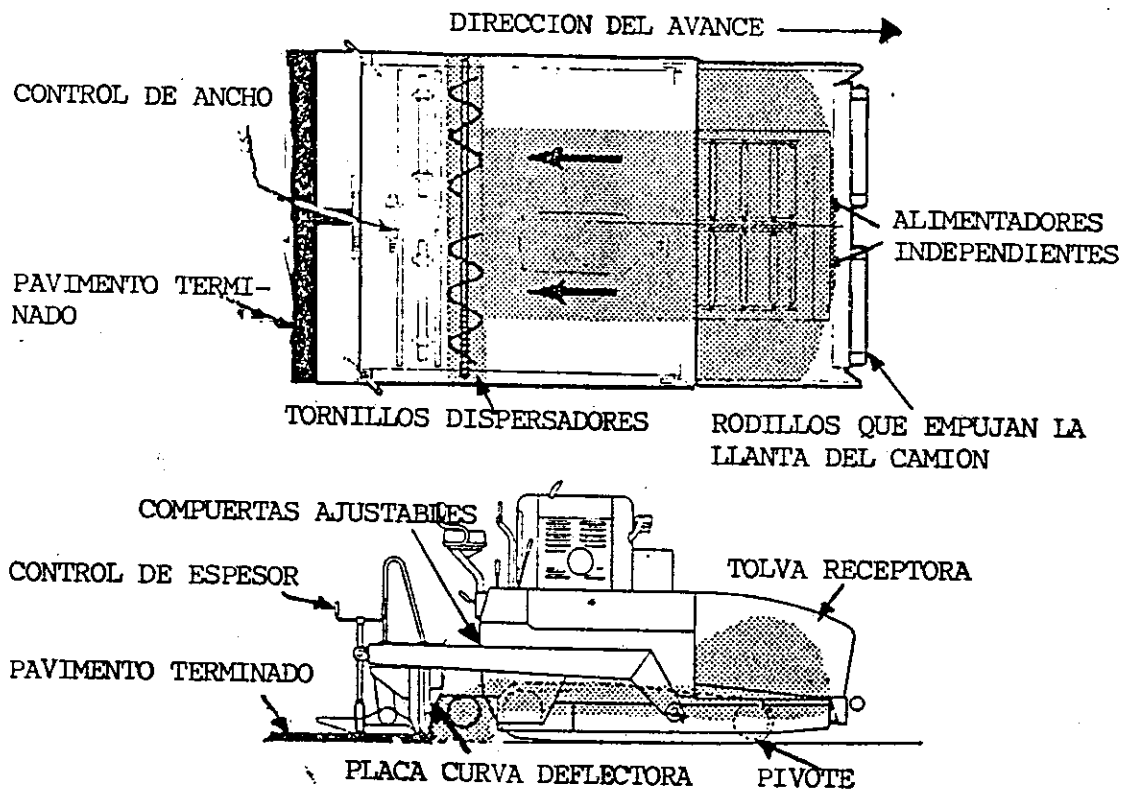
Es impráctico describir en detalle todas las unidades tractoras que existen en el mercado. Existen varios tipos, los cuales, sin embargo, son comunes en muchos aspectos y deberán ser revisados al inicio de la operación de pavimentar y examinados periódicamente después de dicha operación. Las partes a ser revisadas son aquellas que conllevan movimiento o trabajo en sus funciones.

Es importante que la unidad tractora proporcione un movimiento de halado suave y constante sobre los brazos de la niveladora. Si la pavimentadora está equipada con llantas neumáticas, la presión de aire deberá ser exactamente la recomendada. En máquinas con orugas, las mismas deberán estar tensas pero no en exceso. Un movimiento de vibración innecesario, cuando por una llanta

baja en presión o una oruga floja, en el momento en que la máquina arranca o para, se verá reflejado en la superficie de la cinta asfáltica al momento de halar hacia adelante la unidad niveladora.

Se pueden ajustar individualmente las puertas de control de flujo de la tolva receptora en la parte de atrás de la misma, de tal manera que el material fluya y se mantenga un nivel constante de material en la parte delantera de la niveladora.

PAVIMENTADORA



Fundamentos de la operación de nivelación:

La unidad niveladora va unida a la unidad tractora por dos brazos largos que pivotan alrededor de un punto mucho más adelantado que la pavimentadora. El principio básico de la unidad niveladora es que cuando se hala sobre el material depositado frente a la misma, por los tornillos distribuidores, automáticamente sube o baja buscando el nivel del patrón de su base plana, la cual es paralela a la dirección de la tracción.

El espesor de la cinta asfáltica puede modificarse al mover verticalmente el punto de pivote de los brazos haladores o moviendo la base plana de la niveladora.

La temperatura de la mezcla debe mantenerse uniforme, de tal modo que la viscosidad de la mezcla no cambie, ni tenga influencia alguna sobre el balance de las fuerzas actuantes en la niveladora.

La unidad niveladora:

La unidad niveladora compacta parcialmente y alisa la superficie de la cinta asfáltica, conforme va siendo halada hacia adelante.

Muchas unidades niveladoras tienen una barra compactadora que vibra en movimiento vertical y alisa la mezcla asfáltica, de modo que la placa de la niveladora pueda moverse suavemente sobre la misma. La barra compactadora también imparte la mayor parte de la compactación a la mezcla en la operación de distribución. Otras niveladoras vibran pero no tienen barras compactadoras. La vibración puede llevarse a cabo por medio de vibradores eléctricos, o con ejes giratorios cargados excéntricamente. La frecuencia de la vibración puede ser controlada, para ayudar a obtener el esfuerzo máximo de compactación.

La niveladora esta normalmente equipada con calentadores, para evitar que la mezcla se pegue a la placa plana. Se usan para calentar dicha placa al principio de las operaciones de pavimentación y algunas veces durante los días ventosos y fríos. Sin embargo, nunca deberán ser usados para calentar la mezcla que será proporcionada a la pavimentadora.

3. Compactadoras

Operación de la compactadora

La compactación deberá empezarse cuanto antes, después de que el material ha sido distribuido. La compactación consiste en tres fases consecutivas:

Rodadura inicial

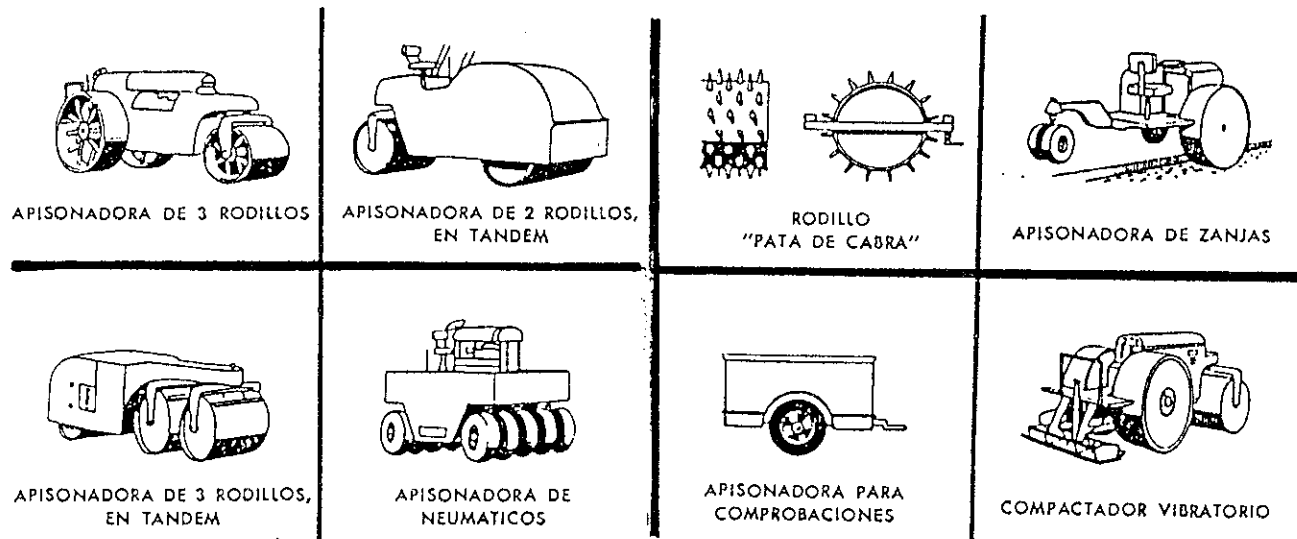
Rodadura intermedia, y

Rodadura final.

La rodadura inicial compacta la masa inferior del material distribuido por la pavimentadora, para obtener, prácticamente, toda la densidad requerida. La rodadura intermedia densifica y sella la superficie. La rodadura final remueve las marcas del rodillo y otros trazos dejados por las pasadas previas de rodadura. Las compactadoras disponibles para estos tipos de trabajo son:

- a) Con rodillo de acero
- b) Con llantas neumáticas
- c) Vibradores, y
- d) Combinación de rodillos metálicos y llantas de hule.

RODILLOS METALICOS Y COMPACTADORAS DE LLANTA NEUMATICA



Las compactadoras con rodillos metálicos pueden ser, y han sido, usadas para varias etapas de la compactación. Un rodillo con llanta neumática a veces es usado para la rocadura inicial pero es generalmente preferido para la rocadura intermedia.

Antes de usar cualquier tipo de compactadora en algún proyecto, deberá ser revisada para asegurar que se encuentra en buenas condiciones mecánicas. Las partes a ser revisadas en las compactadoras, siempre y cuando sea aplicable, son las siguientes:

- * Peso total
- * Peso por pulgada de ancho
(en rodillos metálicos)
- * Promedio de la presión de contacto
con el suelo
(para compactadoras con llantas
neumáticas)
- * Condiciones mecánicas
- * Maniobra de giro precisa

4 Equipo auxiliar

Distribuidor de asfalto

El distribuidor de asfalto es usado para aplicar, ya sea la primera capa, o para afianzar la superficie a ser cubierta posteriormente. La primera capa consiste en la aplicación de asfalto líquido sobre una superficie absorbente, por ejemplo, una base granular (conocido como capa de imprimación). Las capas de afianzamiento son aplicaciones muy suaves de asfalto líquido sobre una superficie asfáltica ya existente (conocidas como capas de liga).

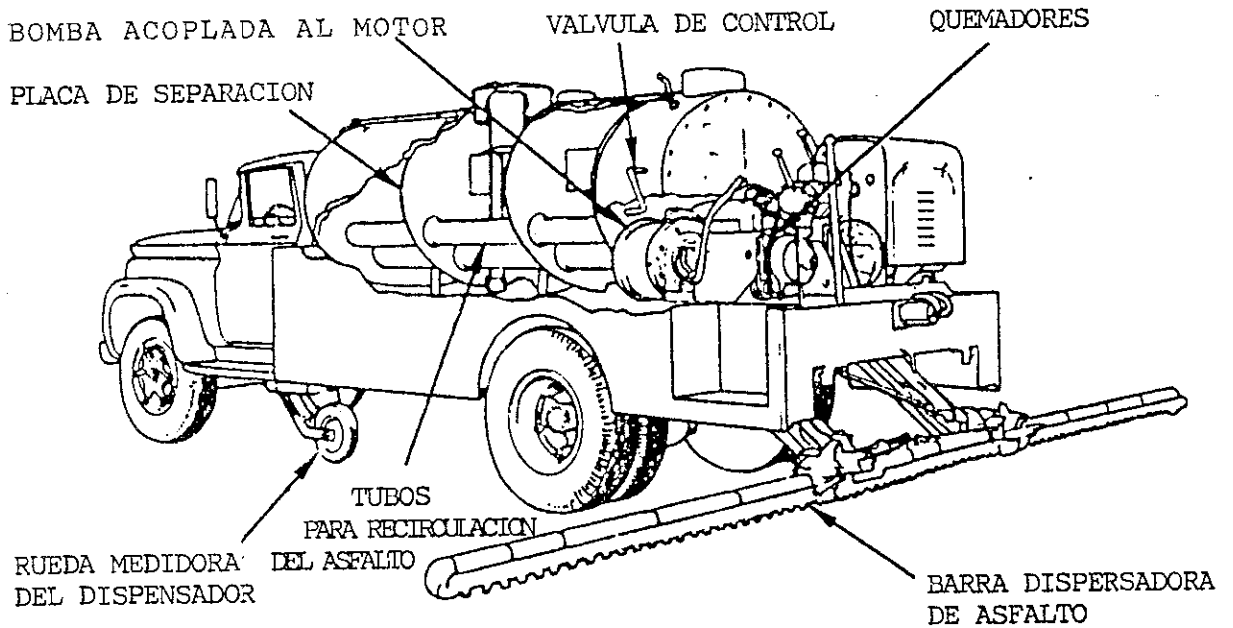
El distribuidor consiste de un camión o trailer en el cual es montado un tanque aislado, con un sistema de calentamiento propio, usualmente aceite quemado. El

distribuidor tiene una bomba y un sistema de barras atomizadoras, a través de las cuales se forza el asfalto a presión, hacia la superficie bajo construcción.

Es importante que el asfalto que se atomiza desde un distribuidor sea regado sobre la superficie uniformemente, al ritmo deseado de aplicación. Esto requiere de una bomba en buen funcionamiento y barras atomizadoras libres de obstrucciones.

Para obtener el ritmo de aplicación deseado, la velocidad del distribuidor deberá de determinarse para un bombeo dado y un ancho de cobertura. Los distribuidores generalmente tienen un bitómetro, el cual indica la velocidad de avance del distribuidor en pies por minuto. Esta velocidad deberá mantenerse constante para lograr una cobertura de asfalto uniforme y en una dirección longitudinal.

DISTRIBUIDOR



Otras herramientas

Debería considerarse el tener adecuadas herramientas manuales y equipo adecuado de limpieza a la hora de la operación de pavimentar. Entre dichas herramientas se incluyen:

1. Rastrillos
2. Palas
3. Antorcha de calentamiento
4. Equipo de limpieza
5. Apisonadores manuales
6. Compactadores vibratorios pequeños

7. Blocks y cuñas
8. Cuerdas y lazos
9. Herramientas para cortar juntas
10. Herramientas para pintura

No todas las herramientas son necesariamente utilizadas en cada proyecto de pavimentación o en cada día de un trabajo en particular. Los rastrillos y las palas son generalmente usados por el personal que se encuentra alrededor de la pavimentadora. Mientras la pavimentadora está operando, los trabajadores mueven o remueven una porción de la mezcla, para que el pavimento se ajuste alrededor de ciertos objetos (por ejemplo, tapaderas de pozos de visita), o para llenar áreas a las cuales la pavimentadora no tiene acceso, o no puede pavimentar adecuadamente.

B. Preparación de la superficie del terreno a pavimentar

1. Introducción

El propósito de un pavimento es proporcionar una superficie lisa sobre la cual los vehículos puedan pasar en cualquier condición climática. Por lo tanto, el comportamiento del pavimento se ve afectado por las características de la subrasante. Las propiedades deseables que debiera tener la subrasante son: resistencia, drenaje,

facilidad de compactación, permanencia de la compactación y permanencia de la resistencia. Debido a que las subrasantes varían considerablemente, es necesario hacer un estudio exhaustivo del suelo en que se colocarán y, de eso, se determinará el diseño del pavimento. El suelo es un material altamente variable; la interrelación del suelo/textura, densidad, contenido de humedad y resistencia, es compleja y en un comportamiento particular, bajo varias cargas es difícil de evaluar.

Debido a la complejidad del problema, no es posible determinar reglas que podrían aplicarse a todos los casos. Será el propósito de esta parte discutir los principios detrás del diseño de la subrasante para todos los tipos de pavimentos e indicar los procedimientos de construcción que pueden ser usados para sacarle el mayor provecho a los principios.

a) La necesidad de preparar el terreno

Una base propiamente preparada incluye superficies adecuadas y drenaje de subrasante, así como una buena compactación durante la construcción. Esto asegurará una larga vida a la estructura del pavimento. Un buen drenaje es extremadamente importante.

Es igualmente importante que la compactación de la subrasante sea bien hecha. De no ser así, la consolidación adicional posterior, producida por el tránsito, resultará en asentamiento y posible falla del pavimento.

La necesidad de compactar

En las partes que se describen a continuación se usarán términos relacionados con la prueba de compactación modificada AASHTO.

Es esencial tener una buena compactación de las subrasantes y de las bases para carreteras y aeropuertos. La compactación incrementa la densidad con un contenido de humedad potencialmente menor, aun en el caso de eventual saturación. Ambos factores dan como resultado el incremento de la resistencia. Las características de compactación de un suelo pueden ser mejor descritas en términos de pruebas de compactación estándar. Se sabe que para un esfuerzo de compactación dado, la densidad máxima que se puede obtener en un suelo es función del contenido de humedad.

Debido a que el punto final de la prueba de compactación es asegurar la estabilidad adecuada, es importante conocer la relación existente entre resistencia y densidad. Se sabe que la resistencia es función de la densidad y del contenido de humedad.

Principios fundamentales

El valor de la resistencia usado para el diseño del pavimento debiera basarse en los resultados de un estudio a conciencia de las relaciones humedad-densidad-resistencia de la subrasante. Aunque las condiciones de humedad óptima y de densidad pueden ser estimadas en laboratorio, no es factible especificar los valores para los usos de campo dentro de límites exactos.

En algunos casos la compactación puede ser un gran problema en la construcción y puede ser necesario recurrir a técnicas especiales para su resolución. Todos los datos debieran basarse en la experiencia. Si tal experiencia del pasado indica que es poco económico compactar hasta alcanzar altos grados de densidad, puede escogerse para el diseño, un perfil de menor densidad de pavimento en vez de recurrir a un espesor mas grande y por ende mas caro.

Los requerimientos de compactación para pistas de aterrizaje son generalmente mas estrictos que aquellos usados para carreteras. La compactación de la subrasante a altas densidades y profundidades considerables es particularmente importante en áreas de tránsito canalizado y aeropuertos. Los requerimientos de compactación dependerán de la presión de las llantas, carga total y tipo de material

de la subrasante. Se requerirá la compactación al 100% de densidad modificada AASHTO para profundidades de hasta 1.4 m. (4.5').

Existe una amplia variación en los requerimientos de compactación de la subrasante debido a las diferentes normas existentes. Algunas de estas normas casi no requieren de control de compactación, mientras que otras requieren el 100% de la compactación modificada AASHTO. La profundidad de compactación de la subrasante es generalmente una cifra arbitraria, que se encuentra en un rango de 15 cm. a 30 cm. (6" a 12") de profundidad. Las especificaciones que requieren del 100% estándar AASHTO para profundidades de 30 cm. (12") son realistas.

La profundidad requerida para compactación en cualquier tipo de diseño debiera especificarse solamente después de un estudio profundo de las condiciones del suelo. Frecuentemente las pruebas de densidad debieran hacerse en las subrasantes vírgenes, para conocer así las densidades reales naturales que existen dentro de la profundidad requerida. Las pruebas de resistencia se hacen bajo varias condiciones de humedad y densidad y pueden ser usadas conjuntamente con densidades naturales del lugar. Si la subrasante tiene una densidad baja, es deseable removerla y recompactarla hasta obtener densidades más altas. Los compactadores pesados de llantas de hule, pueden ser usados

para compactar suelos a densidades relativamente altas, si el contenido de humedad del suelo no es muy alto.

b) Compactación de la subrasante

Las pruebas de compactación se hacen en laboratorio, sobre los materiales que se usarán en la construcción, para determinar la densidad máxima práctica que debe obtenerse. Esa densidad debe determinarse en base a la prueba: "RELACIONES DE HUMEDAD-DENSIDAD EN SUELOS, USANDO UN MARTILLO DE 10 LBS. CON CAIDA DE 45.7 cm (18"); AASHTO T 180.

El criterio para la compactación adecuada de la subrasante, a verificar en el campo, es como sigue:

Para suelos cohesivos:

Densidad mínima de 95% en un espesor de 15.2 cm (6").

Para suelos no cohesivos:

Densidad mínima de 100% en un espesor de 15.2 cm (6").

Para áreas de relleno:

Densidad mínima de 90% en profundidades de 15.2 cm (6") y menos.

El contenido de humedad para compactar suelos cohesivos deberá seleccionarse para proveer la resistencia máxima, consistente con consideraciones de expansión. Generalmente, los suelos no-expansivos deberán compactarse con un contenido de humedad de 1% a 2% del lado seco de la humedad óptima de laboratorio, para obtener mejores resultados.

El criterio de compactación deberá aplicarse también a las secciones en corte. En algunos casos, se requiere de remoción del suelo, agregar humedad, reemplazar y recompactar. Esto tiende a producir uniformidad en la subrasante y evita asentamientos diferenciales.

Aunque la compactación incrementa la estabilidad de la mayoría de los suelos, en algunos suelos la estabilidad decrece en el momento en que se escarifican, se trabajan y se compactan. También hay algunos suelos que se expanden excesivamente cuando se les permite absorber humedad. Cuando existen esas condiciones, se requiere de un tratamiento especial, bajo la supervisión de un ingeniero de suelos.

c) Prueba del rodillo

Las irregularidades en la superficie de las estructuras del pavimento asfáltico suelen darse debido a la densificación de las áreas de paso bajo las cargas de

tránsito, sobre todo en los patrones de las llantas. Tales irregularidades indican que uno o más estratos no fueron compactados adecuadamente durante la construcción, o que existen áreas muy suaves e inestables en la estructura. Para detectar esas deficiencias, frecuentemente se hacen pruebas de rodadura durante la construcción.

La prueba de rodadura consiste en la aplicación de compactadoras pesadas con llantas de hule, sobre los estratos, usualmente siguiendo una compactación inicial por métodos convencionales. La prueba de la rodadura tiene como objetivos:

- 1) Localizar áreas inestables
- 2) Obtener compactación adicional

La carga y la presión de las llantas de los equipos de prueba se ajustan a presiones de contacto, tan cercanas al valor soporte máximo de la capa bajo prueba, como sea posible. Se requiere un mínimo de dos pasadas del rodillo de prueba. Cada pasada deberá tener un ancho no mayor al de una llanta, para obtener la cobertura del área total. Se obtienen mejores resultados cuando el rodillo se opera a una velocidad de 4.0 km/h (2.5 m.p.h.) a 8.0 km/h (5.0 m.p.h.)

Cuando la prueba del rodillo muestra un área en el estrato que es inestable o no-uniforme, dicha área deberá

estabilizarse volviéndola a trabajar, removiendo el material no deseado, reemplazándolo por otro de mejor calidad y recompactando. La superficie deberá entonces ser revisada de conformidad con las líneas y pendientes indicadas en los planos, y cualquier irregularidad deberá corregirse en base a las tolerancias especificadas.

2. Preparación de las superficies no pavimentadas:

a) Generales

Las siguientes superficies de carreteras son consideradas, generalmente, como superficies no pavimentadas:

1. Subrasante compactada
2. Subrasante mejorada
3. Base no tratada

Algunas bases granulares tratadas o estabilizadas son consideradas superficies no pavimentadas, cuando se les prepara para la pavimentación asfáltica. Las bases que han sido tratadas o estabilizadas, ya sea con asfalto o con cemento Portland, son consideradas superficies pavimentadas y se excluyen de esta clasificación.

b) Preparación de la subrasante

La subrasante preparada es aquella que ha sido trabajada y compactada. Esta podría ser el suelo de cimentación o el estrato del suelo estabilizado, o de otro modo, material mejorado de subrasante.

La calidad de la superficie del pavimento depende de una construcción adecuada y de una buena preparación del material de cimentación. La carretera deberá ser conformada y probada con rodillos, de tal forma que el equipo no tenga dificultad en colocar el material con un espesor uniforme.

Las condiciones climáticas deberán ser buenas y la superficie deberá ser firme, sin polvo y seca, o ligeramente humedecida cuando la operación de pavimentar dé inicio.

c) Bases no tratadas

Las bases granulares no tratadas y algunas bases estabilizadas químicamente, pero no con cemento Portland, y las bases tratadas con asfalto, deberán ser propiamente conformadas y sometidas a la prueba del rodillo.

Cuando se habrá de agregar capas de asfalto sobre una base de agregado no tratado, las partículas granulares sueltas deberán ser barridas de la superficie usando escobas fuertes. Cuando el material suelto ha sido propiamente

removido, serán expuestas sólo las partes superiores del agregado en la base. Cuando la superficie ha sido limpiada está lista para ser impregnada con asfalto.

Para impregnar, un distribuidor de asfalto rocía aproximadamente 0.9 lt/mt^2 (0.2 gal/yda^2) a 2.25 lt/mt^2 (0.5 gal/yda^2) de asfalto líquido, usualmente del tipo MC-30 o MC-70, sobre la superficie. Entonces, el asfalto penetra (se absorbe), en la superficie. Si no es absorbido dentro de las siguientes 24 horas después de la aplicación, se ha rociado demasiada cantidad de asfalto. Para corregir esa condición se deberá regar arena sobre la superficie, para que ésta absorba al exceso de asfalto. Se debe tener cuidado en la rociada para evitar el exceso de impregnación.

3. Preparación de las superficies de pavimentos existentes:

a) Pavimentos bituminosos existentes

Los esfuerzos estructurales excesivos que ocurren en los pavimentos bituminosos ya existentes son, generalmente, el resultado de un diseño inadecuado, una inadecuada ejecución de dicho diseño (incluyendo la compactación), o ambos casos. Un diseño de mezcla pobre puede causar diferentes tipos de esfuerzos negativos y, el exceso de asfalto puede causar corrugaciones. Las grietas pueden ser

causadas por una excesiva deflexión del pavimento bajo el peso del tránsito, debido a la existencia de una estructura de pavimento inadecuada o de una cimentación esponjosa. La insuficiencia u oxidación del asfalto también pueden causar grietas.

Se debe inspeccionar el pavimento existente, antes de que reciba una capa extra de asfalto. El remedio para cualesquiera de las fallas que se pudieran presentar, depende del tipo de esfuerzos a que se deban. Si la falla es extensa, probablemente será necesaria una reconstrucción total. En todo caso, cualquier reparación que sea necesario hacerle a la estructura deberá efectuarse antes de la pavimentación.

Cuando hay mucho asfalto en una mezcla o se dá el caso de que el agregado se pule por el paso del tránsito, se puede presentar una superficie resbalosa en un pavimento ya existente. Si la causa es el exceso de asfalto, éste deberá ser removido previamente por calentamiento.

Los pavimentos ya existentes con grietas pequeñas, deberán sellarse con algún material antes de aplicárseles la capa extra de asfalto. Dicho material podría ser una ligera aplicación de una emulsión de asfalto diluido con agua y rociado sobre la superficie. Las grietas mas grandes deberán tratarse previo a la pavimentación, con otro tipo de

material, el cual puede consistir en una emulsión de asfalto con agua, agregado fino y relleno mineral, para producir una consistencia pastosa.

Si se encuentra algún bache en un pavimento existente, éste deberá ser totalmente vaciado y llenado con concreto asfáltico compactado, antes de proceder a la pavimentación de la superficie. Si la base bajo el pavimento existente se ha quebrado, el daño será reflejado en la superficie de dicho pavimento. Por supuesto deberá hacerse el bacheo correspondiente, para reforzar la base, antes de colocar la nueva superficie asfáltica.

Todas las depresiones de 2.5 cm (1") o más deberán de ser rellenadas con una capa delgada, nivelada y compactada antes de proceder a la colocación de una capa extra de asfalto. Todas las superficies, tanto horizontales como verticales, deberán ser meticulosamente limpiadas. La limpieza de superficies planas se hace usualmente con escobas giratorias y además se lavan y desaguan para eliminar restos de arcilla o suciedad.

b) Pavimentos del tipo rígido

Antes de proceder a colocar la nueva capa de superficie sobre el pavimento existente, se deben corregir los defectos en pavimentos del tipo rígido. Las capas adicionales de las

mezclas asfálticas deberán ser suficientemente gruesas, no sólo para proporcionar la resistencia adicional requerida, sino también para minimizar la reflexión de las grietas del pavimento viejo en la nueva superficie. Actualmente, también se utilizan geotextiles para este propósito.

La preparación del pavimento rígido dañado, difiere de la que se hace en pavimentos asfálticos. Dicha preparación deberá incluir uno o más de los siguientes pasos:

1. Romper los bloques de concreto más grandes, que se mecen bajo el paso del tránsito y compactarlos con rodillos pesados.
2. Hacer un sellado para proporcionar un soporte uniforme.
3. Parchar las áreas que están desintegradas o muy lastimadas.
4. Sellar las grietas para prevenir el ascenso del agua desde abajo.

La falla por bombeo en las juntas de un pavimento rígido, dá lugar a que bajo el paso del tránsito, se remuevan los suelos finos saturados, de abajo y esto causa

las grietas y rupturas de las áreas de las juntas. Usualmente un pavimento así dañado, puede ser estabilizado al sellar por debajo con asfalto especialmente preparado para tal propósito. Por el contrario, las piedras deberán de ser quebradas en pedazos más pequeños y compactados.

En algunos casos, porciones del pavimento pueden desintegrarse o romperse, de tal forma que los fragmentos de dicho pavimento pueden ser fácilmente removidos. En tales casos, esas áreas pueden ser preparadas y bacheadas con concreto asfáltico, previamente a la operación de rehacer la superficie.

El material de relleno debe removerse de las juntas y de las grietas hasta una profundidad de 0.5 cm. (1/4"). Las juntas se rellenan con un material asfáltico de relleno. Cualquier bache de asfalto que tenga exceso de este último, deberá removerse.

Como un paso final, antes de que el pavimento asfáltico sea colocado, la superficie deberá ser barrida y limpiada y rociada con una ligera capa de liga asfáltica.

C. Distribución de la mezcla asfáltica en caliente para
pavimentación

1. Introducción

a) Relación Ingeniero/Contratista

La práctica en America ha establecido que un sistema dual de supervisión, dá mejores resultados para beneficio de cualquier relación de trabajo. El ingeniero diseña el proyecto y prepara los planos, especificaciones y estimaciones. El contratista cotiza competitivamente y supervisa la construcción, con el trabajo sujeto a la supervisión y aprobación del ingeniero. Este sistema dual de supervisión e inspección hace que la cooperación máxima entre el ingeniero y el contratista sea esencial. Cada uno deberá respetar y aceptar la posición del otro. Aunque los planos y las especificaciones deben definir claramente el producto final, requerido por el propietario, no deberán ser restrictivos en cuanto a los métodos y el equipo empleado para alcanzar los resultados deseados, de una manera más eficiente.

b) Planificación de la operación de distribución

Antes de iniciar las operaciones de distribución, el ingeniero y su inspector deberán estar de acuerdo con los

superintendentes del contratista para planear la totalidad de la operación. Algunos detalles importantes que se deberán discutir son los siguientes:

1. Continuidad y secuencia de las operaciones
2. Numero de pavimentadoras que son necesarias para llevar a cabo el proyecto.
3. Numero y tipo de rodillos necesarios en la operación.
4. Numero de camiones requeridos.
5. La cadena de órdenes para dar y recibir instrucciones.
6. Razones para un posible rechazo de la mezcla.
7. Requerimientos del clima y de la temperatura del medio ambiente.
8. Control del tránsito.

Antes de que la distribución con la pavimentadora sea iniciada, se debe estar de acuerdo en cuanto al número de ítems. Uno importante, es la temperatura de colocación de la mezcla. En general, la temperatura de la mezcla colocada, debería estar al mínimo que permita el mejor manejo y compactación.

El ritmo de distribución (espesor del estrato o tonelada por metro cuadrado) también deberá ser previamente acordado. La mayoría de especificaciones proporcionan un límite en el ritmo de distribución por estrato, y este límite no deberá ser excedido.

De ser posible, es aconsejable operar dos pavimentadoras paralelamente o bien usar una pavimentadora que cubra la totalidad del ancho a pavimentar. Cuando se usan dos pavimentadoras, éstas deberán mantenerse aproximadamente a 15.25 m (50') la una de la otra. La razón es mantener una junta caliente entre las dos mezclas. Otros factores que afectan las juntas son las temperaturas del aire, la mezcla y la superficie sobre la cual se colocará dicha mezcla.

Cuando se hace un carril a la vez, se usan calentadores en la pavimentadora para las juntas a, fin de obtener el pegue deseado entre los filos a ser unidos y así,

proporcionar una junta más apretada y más fuerte contra el filo que está frío y no ha sido cubierto aún.

c) Actividades previas a la pavimentación

Antes de dar inicio a la operación de pavimentación, el técnico deberá asegurarse de que todas las inspecciones y preparaciones necesarias han sido llevadas a cabo. Deberá incluir los siguientes ítems:

1. Preparación adecuada de la base
2. Planeación de la ejecución del trabajo.
3. Balance adecuado de la producción, transporte, distribución y compactación de la mezcla.
4. Verificar que el equipo esté en buenas condiciones y si no, ajustarlo.
5. Ver que no falte nada para pesar la mezcla.

2. Recepción de cargamentos de mezcla

a) Boletos de carga

Una de las rutinas de trabajo del inspector es recoger los boletos de carga de los camioneros en el lugar de descarga. Se presentan al inspector, los boletos que indican la cantidad de mezcla asfáltica cargada en la planta de asfalto. La recolección de los boletos hace que el inspector esté seguro que el material que está representando en cada boleto de carga ha sido llevado al lugar de trabajo. El que estos datos se mantengan cuidadosamente al día y en orden reduce la posibilidad de errores en el despacho de la mezcla y, por consiguiente, error en la calidad y cantidad de trabajo a ser realizado. También se usan los boletos de carga para llevar un recuento de la producción (en toneladas) de la planta. El inspector deberá recogerlos personalmente y no permitirá que nadie más los recoja, excepto cuando el esté ausente de la operación pavimentadora.

Con la colecta de los boletos de carga y el conocimiento de la distribución en toneladas por metro lineal o en toneladas por kilómetro, se puede verificar el promedio de la distribución por carga. Este control es de gran importancia cuando se coloca concreto asfáltico en un paso previo a ser distribuido.

El inspector puede saber que las cantidades que se acordaron en el contrato, no serán ni disminuidas ni rebasadas, por el simple conocimiento de cual debería ser la distribución deseada y viendo que la mezcla sea colocada en la cantidad prevista.

b) Inspección de la mezcla

Para asegurar un trabajo satisfactorio y uniforme, es necesaria una cooperación de cerca entre el personal de la planta y el equipo de pavimentación. Debe establecerse un sistema rápido de comunicación entre ambos equipos para que pueda advertirse cualquier cambio de la mezcla, en cuanto a la operación de la planta de asfalto. De ser posible, el inspector de pavimentación y el inspector de planta deberán intercambiar las visitas. Cuando el inspector de pavimentación está familiarizado con las operaciones de la planta, puede determinar fácilmente si son necesarios algunos cambios en la planta para mejorar la mezcla. El inspector de planta, por otro lado, estando familiarizado con la operación de pavimentar, puede entender más fácilmente los problemas relacionados con la misma.

Cada carga de material en camión debe observarse detenidamente. La temperatura de la mezcla deberá ser

verificada regularmente, y de no encontrarse dentro de la tolerancia especificada, la mezcla no deberá ser usada.

Existen algunos errores que pueden pasar desapercibidos al inspector de planta, como lo son errores en bacheo, mezclado y control de temperatura. Consecuentemente, las cargas que llegan al distribuidor pueden ser poco satisfactorias. Cuando el inspector de pavimentación rechaza una carga, este hecho debe registrarse y tabularse, incluyendo la razón por la cual se deshechó, ambas cosas en el boleto de carga y en su diario, de tal forma que se pueda llegar a obtener una deducción adecuada de las cantidades trabajadas en el día. De ser necesario, se deben tomar muestras para ser analizadas en el laboratorio. También debe llevarse un record de las cargas que sí han sido aceptadas y trabajadas (colocadas). Dichos records deberán ser revisados diariamente o más frecuentemente, junto con aquellos del inspector de planta, para que no hayan discrepancias cuando el trabajo sea terminado.

c) Deficiencias de la mezcla

Algunas deficiencias en la mezcla pueden hacer que ésta sea rechazada. Tales deficiencias son tratadas a continuación:

1. Demasiado caliente:

Un humo azul que sube por encima de la mezcla, usualmente indica que el volumen trabajado está demasiado caliente. La temperatura deberá ser controlada inmediatamente. Si ese volumen excede los límites máximos de las especificaciones, deberá descartarse. Si excede la temperatura óptima de colocación, pero no así el límite de las especificaciones, el volumen no será descartado, pero se tomarán medidas inmediatas para corregir esa condición.

2. Demasiado fría:

Una mezcla fría es aquella que presenta al agregado, no recubierto en su totalidad y una apariencia rígida. De nuevo, la temperatura deberá de ser controlada inmediatamente. Si está abajo de los límites de las especificaciones, deberá ser descartada. Si está dentro de los límites de las especificaciones pero más bajo que el óptimo para colocación, se deberán tomar medidas inmediatas para corregir esa condición.

3. Demasiado asfalto:

Cuando las cargas han llegado al distribuidor con material de una carga que súbitamente se ve plana al ser descargada, puede ser que contenga mucho asfalto. El exceso de asfalto puede ser detectado por la forma en que la mezcla se escurre bajo la plancha emparejadora de la pavimentadora.

4. Muy poco asfalto:

Una mezcla que contiene muy poco asfalto, generalmente puede ser detectada si la deficiencia de asfalto es severa. Si tiene una apariencia granular, un recubrimiento deficiente y no tiene el lustre típico del recubrimiento. Si la superficie del pavimento tiene un color café y el rodillo no la compacta satisfactoriamente es porque tiene poco asfalto. Una deficiencia menos severa es difícil de detectarse por apariencia; por ende, las sospechas deben comprobarse por medio de pruebas.

5. Mezclado no uniforme:

El mezclado no uniforme muestra partes pobres en asfalto con color café opaco y otras muy ricas en asfalto con una apariencia brillante.

6. Exceso de agregado:

Una mezcla con exceso de agregado puede ser detectada a través de la falta de manejabilidad de la misma. De otro modo, parecerá una mezcla demasiado rica.

7. Exceso de agregado fino:

Una mezcla con exceso de agregado fino tiene una textura diferente de aquella mezcla apropiadamente graduada, después que se le ha pasado el rodillo encima. De otra forma, parecería una mezcla con poco asfalto.

8. Exceso de humedad:

La humedad de la mezcla se puede apreciar por el vapor que sale de la misma al momento que se vierte dentro del embudo del distribuidor. Si tiene demasiada humedad parecerá que la mezcla está hirviendo, haciendo burbujas. Pudiera aparentar que este tipo de mezcla contiene demasiado asfalto.

9. Misceláneos:

Debido al mal manejo puede darse que los componentes de la mezcla se segreguen (separen) y esto conlleve un rechazo de dicha mezcla.

3. Distribución con la pavimentadora asfáltica

a) Línea de guía

Siempre se debe usar una línea de guía para el operador de la pavimentadora. Dicha línea debe ser paralela a la línea del centro de la calle y debe ubicarse en el borde de dicha calle, o cerca de la junta longitudinal del carril pavimentado.

La colocación de la línea de guía deberá mantenerse unos 150.0 m (500 pies) adelante del sitio de las operaciones para evitar cualquier tipo de retrasos. En las

ajustan seguidamente para este espesor. Una regla simple para determinar el espesor de la capa suelta consiste en multiplicar la capa compactada por 1.25.

Cuando se empieza a partir del final de una capa previamente depositada, habrá que usar tablas de un espesor igual a la diferencia entre las capas suelta y compactada. La pavimentadora podrá entonces comenzar a distribuir a la profundidad total del material.

Al terminar la pavimentadora de distribuir su primera carga de mezcla asfáltica, habrá que verificar el espesor de dicha capa. Cada 20' ó 30' de operación habrá que parar la pavimentadora y verificar la capa recién colocada. La textura de la capa no compactada tiene que ser uniforme. En caso contrario, serán necesarios ulteriores ajustes del distribuidor. El ajuste de los vibradores, de los tornillos de ajuste del distribuidor, de la tolva y de otros accesorios tiene que llevarse a cabo frecuentemente, para asegurar una debida colocación de la mezcla con las características requeridas.

No debe permitirse, en ningún caso, una segregación de los componentes de la mezcla. Si esto ocurre, habrá que parar inmediatamente la operación de distribución y no reanudarla hasta haber determinado la causa del defecto y haberla corregido.

Cuando el camión vacíe su carga en la tolva, sus ruedas tienen que quedar en completo contacto con los rodillos de la pavimentadora. Si el camión se tuerce, de manera que los rodillos apoyen únicamente contra uno solo de los dos juegos de ruedas, el distribuidor tiende a cruzar. En este caso, el operador tiene que corregir continuamente su dirección, siendo su recorrido una serie de líneas zigzagueantes, que producen juntas irregulares y pobremente compactadas.

La cantidad de material acarreado delante del distribuidor deberá mantenerse uniforme en altura. Una variación podría notarse en la rugosidad de la superficie. Para evitar esto, se debe mantener suficiente material dentro de la tolva, para que los tornillos de distribución tengan suficiente mezcla para cubrir por lo menos $2/3$ de la profundidad de dichos tornillos hasta su final. Las puertas de control de la tolva deberán ajustarse de manera que los tornillos y el alimentador operen el 85% del tiempo o más.

La mezcla asfáltica que se pega a las paredes de la tolva debe ser removida y empujada hacia el área de mezclado continuamente. Si se permite que la mezcla se acumule, ésta se enfría rápidamente y, eventualmente llega a la carretera de una forma no deseada. Esto puede resultar en una superficie rugosa y no uniforme. La mayoría de las pavimentadoras nuevas tienen los lados de las tolvas

operados hidráulicamente, de tal forma que la mezcla siempre está en movimiento y no se pega a las paredes de dichas tolvas.

4. Construcción de las juntas

a) Juntas longitudinales

El primer carril a ser pavimentado deberá quedar perfectamente recto, tener una graduación uniforme, y el borde longitudinal o filo del pavimento deberá tener una cara lo mas vertical que sea posible. Es muy importante es que la máquina pavimentadora mantenga una dirección de movimiento predeterminada. En la construcción del primer carril, se debe usar una línea de guía para dirigir la pavimentadora en el sentido adecuado. También es importante, para obtener buenos resultados, que los controles de ajuste de espesor de la pavimentadora no estén demasiado apretados.

Antes de que el carril sea compactado, el material que se encuentra a lo largo del borde del mismo, deberá ser sostenido por medio de formaletas. Esto le dá forma al borde y permite que el rodillo pase con toda la fuerza de su peso.

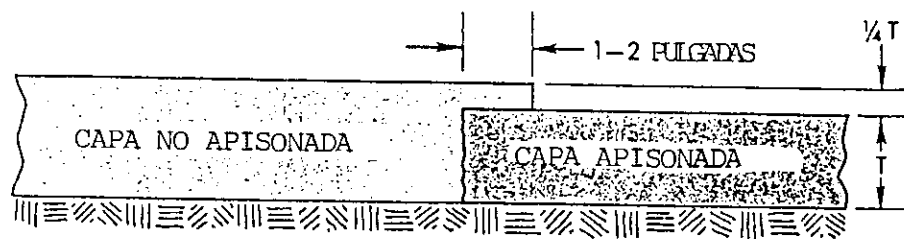
Cuando el carril a ser agregado no se coloca el mismo día, o si la junta se ha torcido debido al paso del tránsito durante el día de trabajo, el borde del primer carril deberá ser pintado con una capa fina de asfalto antes de que el carril extra sea agregado.

Después que el primer carril ha sido colocado y compactado por el rodillo, es importante que el segundo carril que será agregado sea uniforme, de tal manera que se traslape con el primero en 3 cm. a 5 cm. (1" ó 2"). Ver figura 4.a. El espesor del traslape deberá ser de aproximadamente 1/4 del espesor compactado deseado. Si se desea colocar otra capa sobre el carril que habrá de ser distribuido, el agregado grueso sobrante en la junta deberá ser distribuido sobre el carril que no ha sido compactado con el rodillo por medio de una escoba. El material que se traslape será acumulado del lado del carril que aún está caliente para que el rodillo lo pueda compactar del otro lado de la junta. Ver figura 4.b. Cuando el material de traslape es excesivo, se deberá eliminar para que la cantidad de dicho material, a lo largo de la junta, sea uniforme.

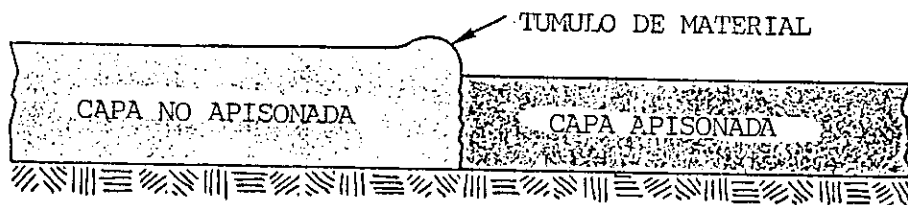
Algunas veces se usa una junta cortada a 90 grados. Esta se construye quitando todo el material fresco, que acaba de ser colocado y que se ha pasado de la unión de los dos carriles. Esto puede ser hecho mejor si se usa una pala

cuadrada, que vaya trabajando inmediatamente atrás de la pavimentadora. De ese modo el operador puede decir dónde está el borde de la junta fría y así posicionar la máquina de una mejor forma.

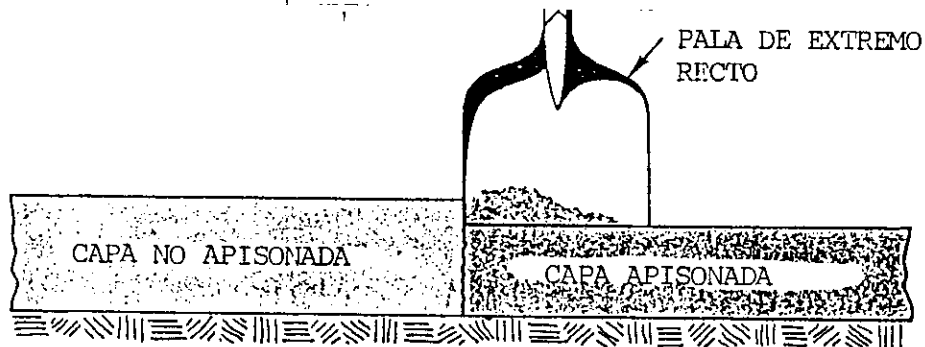
Si los carriles son colocados simultáneamente con dos pavimentadoras, las profundidades de las dos capas sueltas deberán corresponder exactamente, sin ningún tipo de traslape entre ambas. Las juntas de una capa recién pavimentada son generalmente, compactadas antes que el resto del ancho de la calle. Ver Figura a continuación:



(a) TRASLAPE DE PISTAS ADYACENTES



(b) TRASLAPE ABULTADO LISTO PARA SER APISONADO



(c) HECHURA DE UNA JUNTA RECORTADA

b) Juntas transversales

Las juntas transversales, tanto en la capa superior como en la inferior, deben ser construídas con sumo cuidado y muy bien compactadas, para así obtener una superficie de tránsito lisa. Las juntas deberán tener filos parejos y bordes perfectamente alineados, para permitir la suavidad requerida. Se usan dos tipos de juntas transversales: de cara vertical y en disminución. Ambas son aceptables cuando son construídas correctamente, y cada una tiene sus ventajas. La junta de cara vertical es la más común y tal vez la más difícil de construir. La del tipo en disminución tiene una mayor ventaja ya que ofrece un sello más seguro. Esto es importante ya que el tránsito tiene un efecto continuo de compactación a lo largo de la cara de la junta.

El éxito para formar una buena junta transversal se inicia al final del día de operación. Si se debe construir una junta transversal de cara vertical, existen dos métodos para proceder: un método usa un mamparo para formar una cara vertical, el otro tiene una cara vertical aserrada dentro de la capa. Ver figura 5.

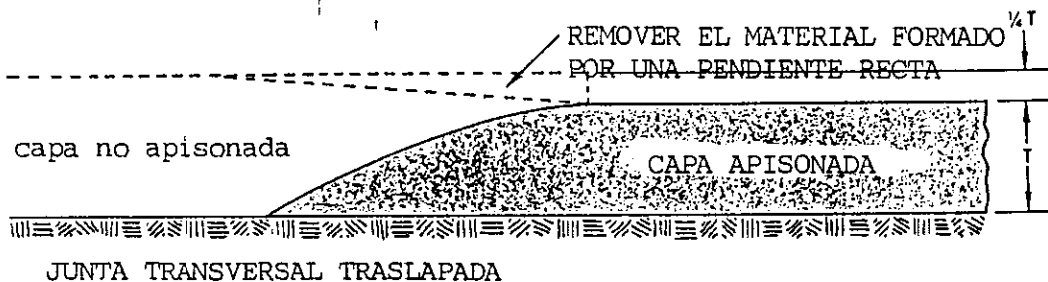
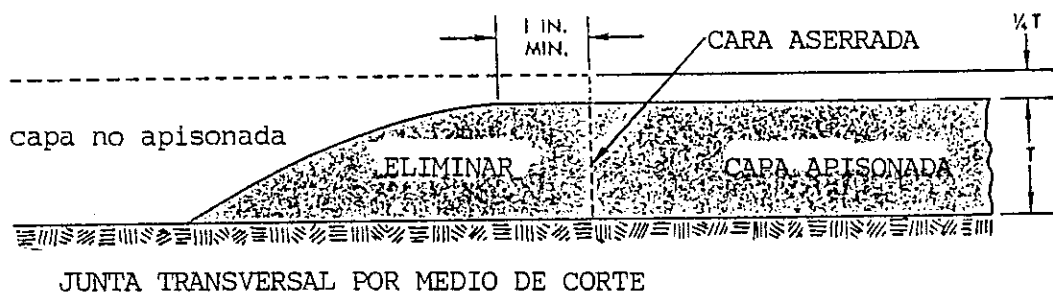
En el método con uso de un mamparo, después que la última carga de mezcla asfáltica se ha colocado en la tolva y que a la pavimentadora le quedan sólo unos metros por recorrer, antes de que el nivel del material de los

tornillos quede más bajo de lo normal, se inserta el mamparo, la pavimentadora puede ser parada y removida. Se le dá a la cara de la junta una untada leve de asfalto, y la pavimentadora se coloca en la misma posición que cuando se había removido.

En el método en el que se usa la cara vertical aserrada, la pavimentadora opera hasta que el material alrededor de los tornillos de distribución caen bajo el nivel normal de operación. La posición del distribuidor es marcada y se remueve la pavimentadora. Después que el material ha sido conformado, la capa debe ser aserrada, antes que las operaciones de pavimentación se inicien de nuevo. La ubicación de la cara aserrada deberá quedar, por lo menos, 1" detrás del punto de tangencia, de tal forma, que la verdadera superficie sea obtenida desde un principio. El material que se encuentra antes que la cara aserrada es, por supuesto, removido.

Si se construye una junta transversal en disminución, se omite el aserrado y se necesitará tener más cuidado para obtener una rampa uniforme al momento de compactar ya que el material sobrante no será descartado. Debido a la variación del espesor compactado, el material fresco, recién colocado, deberá ser conformado con un rastrillo y se descartará el material sobrante.

En cada caso, la junta transversal deberá ser rociada o pintada con una capa delgada de asfalto, antes que el material fresco sea colocado contra la misma. El distribuidor deberá ser bien calentado antes de iniciar las operaciones de distribución. Si el material fresco es mezclado con el material viejo, terminará demasiado bajo después que la compactación sea terminada. Si ese es el caso, el material fresco deberá ser desmenuzado hasta una profundidad de 1/2", se agregará la cantidad de material necesaria y luego será rastrillada hasta quedar llana. La junta deberá entonces ser compactada con rodillo en la forma normal. Si el nuevo material está muy alto al terminar de compactar, deberá soltarse con rastrillos y quitarse el exceso para ser compactado de nuevo. Ver figura:



D. Compactación de los pavimentos asfálticos de mezclas en caliente

1. Introducción

a) Premisas

Por compactación se entiende el proceso mediante el cual un determinado volumen de mezcla asfáltica caliente se comprime, reduciéndolo a uno menor.

Esto se logra presionando una contra otra, las partículas de agregado, revestidas de asfalto, a fin de eliminar los espacios vacíos entre ellas, aumentando por consiguiente la densidad de la mezcla.

Eliminar estos espacios vacíos es sumamente importante en cuanto, siendo interconectados, permiten, en un pavimento terminado, la intrusión de aire y agua. Ambos elementos contienen oxígeno que oxida el asfalto volviendo la mezcla quebradiza. Al no tener ésta las debidas características de elasticidad, el pavimento mismo tiende a fallar en cuanto no puede absorber las repetidas flexiones originadas por las cargas del tránsito.

En ciertos climas además, la presencia de agua en la mezcla asfáltica, una vez a temperaturas bajo cero, puede

causar fallas prematuras en el pavimento debido a la expansión del agua al congelarse.

Sin embargo, si no se deja cierta proporción de vacíos entre las partículas de agregado, el pavimento puede correrse y tender a volverse inestable, en cuanto el tránsito y la expansión térmica del asfalto reducirán aún más el contenido de vacíos de la mezcla asfáltica.

La proporción ideal de vacíos debería ser del 8% o menos para una mezcla asfáltica de tipo denso; a ese nivel los vacíos no están generalmente interconectados.

Descripción del proceso

La compactación con la mezcla asfáltica se lleva a cabo por medio de compactadoras, vehículos que, por medio de su peso considerable distribuido sobre rodillos comprimen la capa asfáltica avanzando sobre la misma en un patrón determinado.

Por medio de pruebas se determina, durante la operación, la densidad del pavimento y, por lo tanto, el momento en el que se logra el grado deseado de compactación. Sin embargo, a pesar de que el proceso parece extremadamente sencillo y fácil de realizar, es un procedimiento que necesita habilidad y conocimientos por parte del operador de

la compactadora y del inspector o supervisor del proceso. Los dos, en efecto, deben entender perfectamente la mecánica de la compactación y los factores que la afectan.

b) Principios de compactación

La mecánica de la compactación implica tres fuerzas:

- 1) La fuerza de compresión de los rodillos
- 2) Las fuerzas existentes dentro de la mezcla, que se oponen a la ejercida por los rodillos
- 3) La resistencia ofrecida por el suelo bajo la capa asfáltica

Para que haya compactación la suma de la fuerza de compresión de la compactadora y de la fuerza opuesta debida a la resistencia del suelo debe ser mayor que la suma de las fuerzas que en la mezcla se oponen a la compactación (resultantes de la fricción entre las partículas de agregados y de la viscosidad del asfalto).

Estas fuerzas aumentan con el aumento de la densidad y con el enfriamiento de la mezcla asfáltica. En el momento en que la densidad de la mezcla y su temperatura alcance el punto de equilibrio en el que las fuerzas internas igualen

las fuerzas compresiva y resistiva, el proceso de compactación puede darse por terminado.

Factores que afectan a la compactación

Los factores que afectan a la compactación de la mezcla son:

1) Características de la mezcla:

Agregado:

Tamaño, textura superficial y angularidad son las características más importantes del agregado que afectan la trabajabilidad de la mezcla. Al aumentar el tamaño del agregado o el porcentaje de partículas gruesas en la mezcla, disminuye su trabajabilidad y se hace necesaria una mayor fuerza de compactación. Al mismo tiempo una mayor rugosidad superficial de las partículas de agregado proporciona una mezcla más estable aún requiriendo de una fuerza de compactación mayor.

Las mezclas producidas con grava se trabajan más fácilmente que aquellas hechas con roca fragmentada. Frecuentemente y por razones de economía, se agrega arena a la mezcla, pero demasiada arena, especialmente en partículas no muy finas produce mantos altamente trabajables pero inestables que ceden bajo el peso de compactadoras muy pesadas o inclusive bajo el tránsito normal aún semanas después de la colocación. Sin embargo, la combinación de

agregado fino y asfalto proporciona la fuerza de adhesión necesaria para mantener unidas las partículas de agregado, pero un exceso de partículas finas vuelve "chiclosa" la masa y muy difícil de compactar.

Asfalto:

A temperatura ambiente el asfalto es virtualmente un sólido mientras de 121 °C a 149 °C se convierte en fluido. Para poder compactar adecuadamente una mezcla asfáltica el asfalto tiene que ser suficientemente fluido para permitir que las partículas de agregado se muevan una contra otra, fungiendo prácticamente de lubricante. Al enfriarse la mezcla, el asfalto pierde fluidez (aumenta su viscosidad) y a 85 °C aproximadamente, en combinación con los agregados finos, empieza a pegar las partículas de agregado sólidamente en su lugar. Consiguientemente, una vez alcanzados los 85 °C, la compactación se vuelve extremadamente difícil.

La cantidad de asfalto en la mezcla afecta también su trabajabilidad. Al aumentar su presencia, aumenta la capa alrededor de las partículas de agregado, incrementándose por lo tanto el efecto lubricante y haciendo más fácil la compactación.

Temperatura de la mezcla:

La temperatura máxima de una mezcla asfáltica no debe sobrepasar los 163 grados centígrados para no dañar el asfalto mismo y la mínima no debe bajar de 85 °C para poder llevar a cabo la compactación. Entre estos límites la temperatura ideal para empezar la compactación es la máxima a la cual la mezcla soporta el peso de la compactadora sin desplazarse horizontalmente. Pero hay que tomar en cuenta que al momento de la colocación de la mezcla, su temperatura es uniforme a través de todo el espesor de la capa asfáltica; sin embargo, las superficies inferior y superior de la misma se enfrían más rápidamente que el interior, estando una en contacto con el aire y la otra con el suelo. Por lo tanto habrá que controlar muy detenidamente el proceso para evitar que el rodillo anterior de la compactadora se hunda en la capa más caliente, provocando arrugas y quebraduras en la superficie.

2) Condiciones ambientales:

Puesto que la velocidad de enfriamiento afecta la duración del período en el cual puede trabajarse la mezcla asfáltica, la temperatura del aire, su humedad y su velocidad (viento), conjuntamente con la temperatura del substrato afectan directamente el proceso haciendo más o menos fácil la compactación.

3) Espesor de la capa asfáltica:

Generalmente es más fácil obtener la densidad requerida en capas de mezclas asfálticas de mayor espesor. Esto se debe a que un manto más grueso retiene más calor que uno delgado, siendo por lo tanto mayor también el tiempo a disposición para compactar. Contemporáneamente, aumentando el espesor de la capa, pueden utilizarse menores temperaturas en la elaboración de la mezcla.

INFLUENCIAS DE LA COMPACTACION

ITEM.	EFEECTO	CORRECCIONES
AGREGADOS		
Superficie Lisa	Baja fricción entre partículas	Usar rodillos livianos y baja temperatura de la mezcla
Superficie Morroñosa	Alta fricción entre partículas	Usar rodillos pasados
Poco Resistentes	Se quiebran bajo los rodillos de llantas metálicas	Usar compactadores neumáticos
Absorbentes	Mezcla seca: difícil de compactar	Aumentar la cantidad de asfalto en la mezcla
ASFALTOS		
Viscosidad Alta	Restricción del movimiento de las partículas.	Usar rodillos pesados
Baja	Las partículas se mueven fácilmente durante la compactación	Usar rodillos livianos
Cantidad Alta	Poco estable y plástica bajo el rodillo	Bajar la cantidad de asfalto en mezcla
Baja	Lubricación reducida: compactación difícil	Aumentar la cantidad de asfalto en la mezcla: usar rod. pesados

MEZCLAS

Exceso de Agregado
Grueso

Difícil de compactar

Reducir el agreg. grueso

Exceso de Arena

Demasiado manejable: difícil de compactar

Reducir el arena en la mezcla: usar rod. pesados

Mucho Relleno

Mezcla rígida: Difícil de comp.

Reducir el relleno en la mezcla: usar rod. pesados

Muy Poco Relleno

Baja cohesión: la mezcla se puede separar

Aumentar el relleno en la mezcla.

TEMPERATURA DE LA MEZCLA

Alta

Sin cohesión: difícil de compactar

Bajar la temperatura de la mezcla

Baja

Mezcla muy rígida: difícil de compactar

Aumentar la temperatura de la mezcla

ESPESOR DE LA CAPA

Grueso

Retiene el calor: más tiempo para compactar

Compactar normalmente

Delgado

Pierde calor: menos tiempo para compactar

Compactar antes que la mezcla se enfríe; aumentar la temperatura

CONDICIONES DEL CLIMA

Baja temperatura del Aire

La mezcla se enfría rápidamente

Compactar antes que la mezcla se enfríe

Baja temperatura de Superficie

La mezcla se enfría rápidamente

Aumentar la temperatura de la mezcla

Viento

La mezcla se enfría: la superficie se raja.

Incrementar el espesor

NOTA: Las correcciones se pueden hacer en la planta o en el lugar de trabajo. Adicionalmente, los arreglos pueden hacerse variando el diseño de la mezcla.

c) Secuencia de rodadura

Como se indicara anteriormente, la estabilidad de las mezclas bituminosas se incrementa proporcionalmente a la densidad, hasta alcanzar un límite en el rango del 3%. Además, al obtener altas densidades durante la construcción, el quiebre bajo el paso de las llantas se minimiza.

La compactación se obtiene por medio de compactadores vibratorios de llantas de hule, lisas. Antes, se consideraba al rodillo inicial aquél que tiene una máquina grande de tres llantas que avanza con la llanta central adelante, de diámetro mayor que las otras dos traseras. El rodillo "tandem" daba la pasada final de alisado, con máquinas de llantas de hule (lisas). El peso no era la única variable de estas máquinas sino también la presión de las llantas, la cual podía ser alterada por el operador mientras trabajaba dicha máquina.

El control de campo para asegurar una buena densidad se obtiene ya sea estimando el método (según el número y el peso de los equipos) o por resultado final (especificando una norma tal como la unidad de peso o el porcentaje de humedad). Existe equipo nuclear para medir tales densidades

y contenido de asfalto en el campo, mientras que se toman muestras para determinar el contenido de asfalto y la graduación en el laboratorio.

Los espesores permitidos en varios países, para las diferentes capas compactadas, varían en un rango de 5 cm a 15 cm (2" a 6"). El número de compactadores es a veces expresado como una función, tanto del tipo de compactadores como del tonelaje de la mezcla colocada por compactador por hora; de nuevo, el número y el tipo de compactadores a ser proporcionados puede ser la base del control. A veces se estiman los pesos de las compactadoras; los rangos más comunes son de 8 a 12 toneladas para los "tandem", de 10 a 12 toneladas para las unidades de tres rodillos y de 6 a 17 toneladas para los rodillos vibratorios. El peso del equipo también puede ser expresado en término de libras por pulgada del ancho de la llanta, con un rango de 200 a 350.

La compactación se comienza en cuanto la mezcla pueda sustentar el peso del equipo sin que haya un desplazamiento excesivo de la misma o hasta que las marcas del equipo sobre la superficie no sean perceptibles. Es común requerir que los bordes del material recién colocado sean compactados primero, para que el proceso continúe luego hacia el centro. Algunas compañías aplican la compactación sólo en el sentido longitudinal de la carretera mientras que otras lo hacen también en diagonal y transversalmente. Las llantas y los

rodillos deben mantenerse humedecidas para evitar que la mezcla caliente se adhiera a las mismas. Para las llantas de hule, a veces se le agrega un aditivo al agua.

La compactación de las mezclas bituminosas ha estado sujeta a un extenso estudio, ya que la misma afecta la estabilidad y la tendencia a la ruptura bajo el paso del tránsito. Uno de los últimos descubrimientos en cuanto a compactación es que la densidad aumenta cuando la mezcla está aún relativamente caliente. También se sabe ahora que mientras más gruesas sean las capas, mayor será la densidad alcanzada con la compactación.

La superficie adecuadamente diseñada y construida, de un concreto bituminoso compactado, es altamente resistente a la penetración de agua y mantiene un alto coeficiente de fricción.

Las superficies de los concretos bituminosos pueden ser acabadas con un alto grado de alisado. Esto se ve reflejado en los requerimientos de varias agencias.

2. Procedimientos de rodadura

a) Generales

En general, las llantas del equipo deberán mantenerse húmedas durante la compactación para evitar que se peguen al material.

Los rodillos se deberán mover a una velocidad baja pero uniforme. Las velocidades de eficiencia máxima variarán dependiendo del tipo de equipo y de si está trabajando la primera pasada, la intermedia o la final. Las velocidades máximas recomendadas para los rodillos metálicos de peso estático y de llanta de hule para varias operaciones son:

	INICIAL	INTERMEDIA	FINAL
	km/h	km/h	km/h
RODILLOS METALICOS (PESO ESTATICO)	3	5	5*
COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS	5	5	8
RODILLOS VIBRATORIOS	4-5	4-5	---

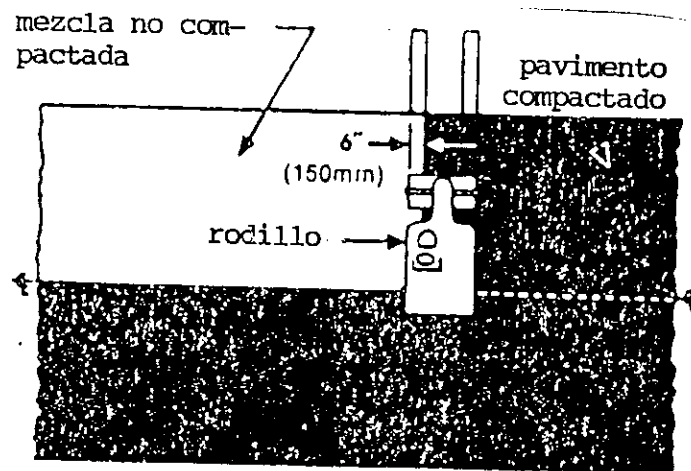
* También rodillos vibratorios en la posición estática.

La velocidad de trabajo de eficiencia máxima para un rodillo vibratorio depende del espaciamiento del impacto. Generalmente el espaciamiento debería ser menor que el espesor de compactación, para asegurar una superficie lisa. Una velocidad demasiado alta, provocará un espaciamiento demasiado grande entre los impactos y provocará agrietamiento de la superficie.

Los equipos deberán estar en buenas condiciones. La línea de rodadura no deberá ser cambiada súbitamente, ni deberá invertirse la dirección de la rodadura porque esto desplaza la mezcla. En los rodillos vibratorios, durante el ciclo de inversión, se deberán detener las vibraciones antes de parar y dar marcha atrás y serán encendidas de nuevo antes de proceder al movimiento de nuevo. Si el proceso de rodadura causa desplazamiento del material, el área afectada deberá ser arreglada con rastrillo. El equipo pesado, incluyendo los rodillos, no deberá pararse en la superficie terminada hasta que ésta esté totalmente fría y seca.

b) Juntas transversales

Cuando la junta transversal debe hacerse cerca de un carril adicional, la primera pasada deberá hacerse con el rodillo metálico moviéndose a lo largo de la junta longitudinal por algunos metros. La superficie deberá ser totalmente plana y se harán las correcciones que sean necesarias. Luego la junta deberá ser compactada transversalmente, con el rodillo sobre la capa de material ya compactado, excepto en las 6" de proyección de la llanta, en el caso del rodillo "tandem" y en una llanta trasera en el caso del compactador de tres rodillos. Ver figura.



Tablas del espesor apropiado deberán ser colocados junto al filo del pavimento, para proveer el área necesaria para el movimiento del rodillo fuera de dicho pavimento. Si las tablas no son usadas, la rodadura transversal deberá parar de 6" a 8" antes del filo exterior, a manera de prevenir cualquier daño a dicho filo. Este filo externo deberá ser rodado más tarde cuando se haga la rodadura longitudinal.

b) Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales, al momento de compactar, pueden ser clasificadas como calientes o frías, dependiendo de la práctica de construcción.

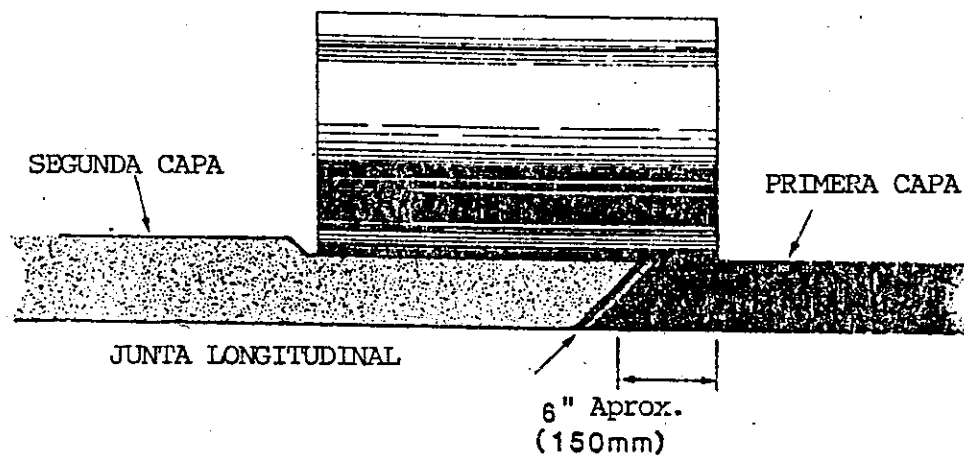
Juntas calientes

Una junta caliente es aquella que se encuentra entre dos carriles que han sido colocados aproximadamente al mismo tiempo. Esto produce la mejor junta longitudinal, porque ambos carriles se encuentran a la misma temperatura al momento de ser compactados con el rodillo. El material se vuelve una sola masa bajo el paso del rodillo y casi no hay diferencia en la densidad entre ambos carriles.

Juntas frías

Una junta fría es aquella que se encuentra entre dos carriles, uno de los cuales se ha enfriado durante la noche o por mas tiempo antes que el carril adicional sea colocado. En este caso, los resultados tienen una diferencia significativa en densidad, en los dos lados de la junta longitudinal, sin importar el tipo de técnica que se use en la rodadura. El lado confinado es aquél que casi siempre alcanza la mayor densidad.

Las juntas longitudinales deben ser rodadas directamente detrás de la pavimentadora. El procedimiento convencional es el de extender solamente de 10 cm a 15 cm (4" a 6") de los tambores del rodillo en la mezcla recién colocada, con el resto del ancho de los tambores en la mezcla del carril previamente colocado y compactado. Ver figura.



El rodillo continuará a lo largo de esa línea hasta obtener una junta perfectamente compactada.

Después de que los filos y las juntas longitudinales han sido compactados, deberá seguirse con la denominada rodadura inicial.

d) Rodadura Inicial

La rodadura inicial deberá llevarse a cabo con rodillos metálicos. Se recomienda aquellos rodillos que sean vibratorios o "tandem" de peso estático.

El peso del rodillo usado para la rodadura inicial dependerá en gran parte de la temperatura, el espesor y la estabilidad de la mezcla a ser colocada. Generalmente, los rodillos "tandem" de peso estático que pesan entre 7 y 11

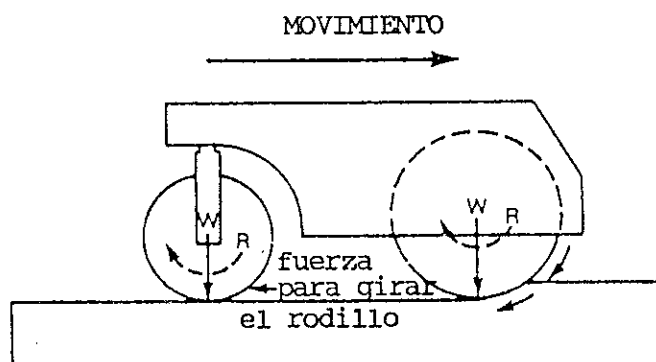
toneladas o los rodillos "tandem" vibratorios que pesan entre 6 y 14 toneladas, deben usarse para esta operación.

Es importante empezar la operación de rodadura en el lado bajo del carril a compactar, el cual está usualmente en la parte externa del carril, y progresar hacia el lado alto. La razón de esto es que las mezclas asfálticas, cuando están calientes, tienden a migrar hacia el lado bajo, bajo la acción del rodillo. Si la rodadura se empieza en el lado alto, el movimiento será mucho más pronunciado que si la rodadura progresa desde el lado bajo. Cuando se colocan carriles adjuntos, se debe seguir el mismo procedimiento.

Con rodillos metálicos, la rodadura deberá progresar de tal modo que la llanta direccional esté hacia adelante, en la dirección de la pavimentación. Esto es especialmente importante en la primera pasada de rodillo. El más alto porcentaje de la compactación ocurre durante la primera pasada. Una de las razones por las cuales se debe tener la llanta direccional hacia adelante, es que esta proporciona mayor carga vertical que la otra.

Si la primera pasada está hecha con el rodillo de menor peso hacia adelante, la fuerza de empuje estará levemente adelantada en relación a la vertical del peso, causando que el material se acumule en el frente de la llanta, como se muestra en la figura. El peso mas grande de la llanta

direccional lleva a cabo la compactación, mientras la fuerza de giro tiende a colocar el material bajo a la llanta. Ver figura.



e) Rodadura intermedia

La rodadura intermedia deberá seguir a la rodadura inicial, lo más cercanamente posible, mientras la mezcla asfáltica se encuentra plástica y a una temperatura que dé la densidad máxima.

Los equipos de llantas de hule o los "tandem" vibratorios deberán usarse para la rodadura intermedia debido a que ofrecen varias ventajas:

1. Proveen un grado de compactación más uniforme que aquellos con rodillos metálicos y los de peso estático.

2. Mejoran el sellado cerca de la superficie, por lo que decrece la permeabilidad de la capa.

3. Orientan las partículas del agregado, por lo que generan mayor estabilidad.

Las presiones de contacto de las llantas deberán ser lo más altas posible, sin causar desplazamiento de la mezcla que no pueda ser corregido en la rodadura final.

Los equipos de llantas de hule no incrementan notablemente la densidad, sobre la que se ha obtenido con los rodillos metálicos, o los de peso estático, pero aseguran una distorsión mínima bajo el paso del tránsito pesado. De allí que el resultado al usar los equipos de llantas de hule, para compactación de las mezclas asfálticas, es incrementar la estabilidad.

Los rodillos "tandem" vibratorios, si se usan los pesos estáticos, frecuencias y amplitudes de vibración adecuados, son usados porque:

1. Proveen las densidades requeridas con menores pasadas que las que ofrecen los equipos de llantas de hule o los "tandem" de peso estático.

2. Orientan las partículas del agregado para obtener una mayor densidad y estabilidad.

Además, los rodillos vibratorios "tandem" pueden ser usados para la rodadura inicial, la intermedia y la final, separando o uniendo los diferentes mecanismos requeridos.

La rodadura deberá ser continua después de dar inicio a la primera pasada y hasta que toda la mezcla colocada haya sido perfectamente compactada. El cruce de la compactadora sobre la mezcla de pavimentación, causa desplazamiento no deseado, por lo que no deberá ser permitido. Aunque los equipos de llantas de hule o los vibratorios "tandem" son preferidos, pueden usarse los "tandem" de peso estático también.

Independientemente del tipo de equipo usado, el patrón de rodadura deberá desarrollarse en la misma manera que para la rodadura inicial. El patrón deberá continuarse hasta obtener la compactación deseada.

f) Rodadura final

El objetivo de la rodadura final es únicamente el del mejoramiento de la superficie. Deberá llevarse a cabo con rodillos metálicos, "tandems" de peso estático o "tandems" vibratorios, sin aplicar vibración, mientras el material

está aún suficientemente tibio para poder eliminar las marcas de las rodaduras previas.

Apisonadora de 3 Rodillos
Apisonadora de 2 Rodillos, en Tandem
Apisonadora de 3 Rodillos, en Tandem
Apisonadora de Neumáticos
Rodillo "Pata de Cabra"
Apisonadora de Zanjas
Apisonadora para Comprobaciones
Compactador Vibratorio

3. Inspección del pavimento terminado

El propósito de la superficie es el de proveer una superficie lisa y segura donde transiten los vehículos. La superficie debe tener resistencia al deslizamiento y resistir deformaciones permanentes.

Debido al gran número de materiales bituminosos que se encuentran a disposición para la construcción y la flexibilidad de las técnicas de construcción, se pueden construir muchos tipos de superficies bituminosas.

a) Textura de la superficie

La textura de una capa compactada deberá presentarse uniformemente densa, tanto transversal como longitudinalmente.

Tratamientos superficiales:

El tratamiento superficial es una superficie de bajo costo, que se construye aplicando una capa o riego de asfalto, el cual es a su vez cubierto por una capa de agregado. El espesor puede variar entre 1/2" y 3/4". Generalmente, los tratamientos superficiales tienen un espesor menor de 1". Pueden consistir en tratamientos simples, dobles o triples.

Concreto asfáltico:

Los pavimentos de concreto asfáltico de alta calidad son usados donde se anticipa la existencia de grandes cargas o en carreteras con altos volúmenes de tránsito. En general, el tipo de material bituminoso a ser usado depende en parte del clima. En áreas de temperatura ambiental elevada, se usan los grados más pesados; por el contrario, en los lugares fríos, se usan los más livianos.

Irregularidades de la Textura

Una mezcla que contiene un exceso de humedad, no podrá ser colocada debidamente y tendrá la apariencia de una mezcla fría o de una mezcla con exceso de asfalto. Además de poderse rasgar, la mezcla presentará burbujas y partes infladas.

b) Tolerancia de la superficie

A continuación se describe la tolerancia de la superficie, basada en el uso que se le dé al pavimento y al tipo del mismo. Los datos presentados fueron obtenidos del "ASPHALT INSTITUTE".

MATERIAL	PROPIEDADES	DESCRIPCION	# PRUEBAS	LIMITES DE ADEPTACION
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD	AC-5, BC Y WC	4	1100 MIN
	MARSHALL	AC-3, BC Y WC	4	1200 MIN
	FLUJO	AC-5, BC Y WC	4	15 MAX
		AC-3, BC Y WC	4	15 MAX
	DENS. CALLE	% LAB.	5	96 MIN
SUELO Y A- BREGADO DE SUBRASANTE	COMPACT. (%)	ESTABILIZADO	5	101 MIN
	ESFESOR	CAPA DE 6"	4	5.50-6.75
		CAPA DE 8"	4	7.50-9.00
		CAPA DE 10"	4	9.00-11.5
	GRADUACION SCG "A"	3/4"	4	87-93
		No. 4	4	50-61
		No. 40	4	26-39
		No. 200	4	11-17
	GRADUACION SCG "B"	No. 4	4	60-73
		No. 40	4	35-49
		No. 200	4	11-17
CONTE. HUMED.	SUELO CEMENTO	4	~ 2	

* AC, BC y WC: tipos y graduaciones de asfaltos en base a las especificaciones de referencia del AASHTO.

c) Densidad del pavimento

El grado o nivel de compactación obtenido de la rodadura es determinado en la prueba de densidad. Ordinariamente, las especificaciones requieren que el pavimento sea compactado hasta un porcentaje mínimo de su densidad teórica máxima, o de la densidad obtenida en el laboratorio. Las determinaciones de las densidades del pavimento terminado son necesarias para controlar dicho requerimiento. Estas son hechas en laboratorio, de acuerdo con el método de prueba: "GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS COMPACTADAS (AASHO T 166)" en muestras proporcionadas por el inspector de pavimentación.

Se debe tener mucho cuidado al acarrear y transportar dichas muestras, del campo al laboratorio, para asegurar un mínimo de variación en resultados. El muestreo de las mezclas compactadas de la carretera deberá hacerse de acuerdo al AASHO T 168: Muestreo de las Mezclas Bituminosas de Pavimentación.

Estudios recientes indican que las pruebas de permeabilidad al aire y las pruebas de densidad nuclear están progresando, hasta el punto donde la compactación puede ser controlada sin tener que obtener una muestra del pavimento compactado. Estas pruebas no destructivas también pueden hacer posible la rápida determinación de la densidad,

de tal forma que la compactación adicional pueda ser proporcionada, en caso de ser requerida, mientras el pavimento aún está caliente.

4. Otros aspectos importantes

a) Muestreo

Además de obtener muestras compactadas para las mediciones de densidad, puede ser necesario que el inspector obtenga muestras del material mezclado en la carretera, para pruebas de extracción y de graduación, antes que se compacte. Estas muestras pueden ser tomadas de la tolva de la pavimentadora o de la palangana del camión, en cuatro puntos diferentes y mezclarse hasta hacer una sola pasta. El inspector siempre deberá recordar que la prueba no es mejor que la muestra y que es imperativo que la muestra sea representativa del lote que será probado.

b) Tabulaciones y reportes

El inspector de pavimentación deberá mantener un diario, del cual preparará y remitirá un reporte al final de la operación de cada día y de cada semana. Estos reportes se diseñarán de tal manera que el personal de supervisión pueda tener los datos de las operaciones que se han llevado a cabo a lo largo de todo el día. Al finalizar el trabajo,

el reporte debe pasar a formar parte del archivo del progreso de la construcción. Los cambios en los materiales, en los métodos o en las construcciones, pueden ser notados en el diario y comparados con la estación de trabajo en el campo. Cada vez que se hace algún cambio en la graduación y proporciones de la mezcla, éste se deberá anotar junto con la colocación de la mezcla en el pavimento. El diario es de conveniencia del inspector durante la construcción de la obra, pero al ser completada ésta, se vuelve parte del archivo permanente del proyecto. A continuación se muestran algunos de los formatos de tabulación que se usan más comúnmente:

Diario del Inspector de Carreteras

Titulo de la Hoja

(Año)

No. de Proyecto o
 No. de Programa de la Planta Mezcladora: _____
 Distrito: _____
 Provincia: _____
 Ruta: _____
 Localización: Desde: _____
 Hasta: _____
 Tonelaje Básico: _____
 Tonelaje Actual: _____
 Tiempo Límite: _____
 Se empezó: _____
 Se terminó: _____
 Contratista: _____
 Inspector: _____
 Fecha: _____
 Clima: _____
 Temperatura: _____
 Tiempo Trabajado: _____
 Ancho del Pavimento (en pies): _____
 Desde la Estación: _____
 Hasta la Estación: _____
 Metros Lineales del Día de Hoy: _____
 Metros Lineales Previos: _____
 Metros Lineales hasta la Fecha: _____
 Promedio de Libras por Yarda Cuadrada: _____
 Toneladas Esparcidas Hoy: _____
 Toneladas Esparcidas Previamente: _____
 Toneladas Esparcidas hasta la Fecha: _____
 Toneladas Programadas: _____
 Balance del Esparcimiento: _____
 % Tiempo Pasado: _____
 % Trabajo Completado: _____
 Observaciones: _____

 Firma del Inspector: _____

Diario del Inspector de Carreteras

Indice

1. Descripción de la carretera a ser tratada	Pág.
2. Lista y descripción del equipo del contratista	Pág.
3. Nombres de los empleados de supervisión del Contratista	Pág.
4. Diario de las operaciones en la carretera	Pág.
5. Distribución del tonelaje aplicado	Pág.

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS Rt. _____ Proy. _____

DIVISION DE PRUEBAS B.P.R.No. _____

Record Semanal Provincia _____

De Pavimentos Bituminosos Prog. de Mant. _____

Distrito _____

Fecha _____

UBICACION: _____

TIPO Y CONDICION DEL PAVIMENTO ANTIGUO: _____

TIPO DE PAVIMENTADORA: _____

TIPO Y PESO DE LOS RODILLOS: _____

SUPERFICIE: _____

BASE: _____

PRIMERA CAPA

TIPO: _____ BANCO: _____

ANCHO: _____ RITMO DE APLICACION: _____

BASE

TIPO: _____ ANCHO: _____
 LIBRAS POR YDA. CUADRADA: _____

FUENTE DEL MATERIAL

MATERIAL BITUMINOSO: _____
 AGREGADO: _____

TEMPERATURAS DE LA MEZCLA					
FECHA	ESTACIONES	TONS.	MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO

TEMPERATURAS DEL AIRE					
FECHA	ESTACIONES	TONS.	MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO

FECHA	ESTACIONES	TONS.	CONDICIONES CLIMATICAS

SUPERFICIE

TIPO: _____ ANCHO: _____

LBS. POR YDA. CUADRADA: _____

ORIGEN DE LOS MATERIALES

MATERIAL BITUMINOSO: _____

AGREGADO: _____

TEMPERATURA DE LA MEZCLA					
FECHA	ESTACIONES	TONS.	MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO

TEMPERATURA DEL AIRE					
FECHA	ESTACIONES	TONS.	MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO

FECHA	ESTACIONES	TONS.	CONDICIONES CLIMATICAS

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____
 DIRECCION: _____

=====

REPORTE DIARIO DEL INSPECTOR

DEPARTAMENTO DE CARRETERAS

No. de Programa de la Planta: _____
 Distrito: _____
 No. de Proyecto: _____
 Fecha: _____ Tiempo de Inicio: _____
 Tiempo de Finalización: _____
 Ruta: _____ Provincia: _____
 Clima: _____ Temperatura: _____
 Desde: _____ Hasta: _____
 Tipo de Base: _____
 Ancho: _____ Largo: _____
 Libras por Yda. Cuadrada: _____
 Tipo de Superficie: _____
 Ancho: _____ Largo: _____
 Libras por Yda. Cuadrada: _____
 Tonelaje de Base Hoy: _____
 Tonelaje de Base Previo: _____
 Tonelaje de Base a la Fecha: _____
 Tonelaje de Superficie Hoy: _____
 Tonelaje de Superficie Previo: _____
 Tonelaje de Superficie a la Fecha: _____

ESTE PROGRAMA

Fecha de Inicio del Trabajo: _____
 Tiempo Límite: _____
 Tonelaje de este Programa: _____
 Toneladas Esparcidas: _____
 Balance: _____
 % de Tiempo Transcurrido: _____
 % de Trabajo Completado: _____
 Contratista: _____
 Fecha Estimada para Finalización: _____
 Fecha Final - Programa Completado: _____
 =====

c) Control del Tránsito

El tránsito debería mantenerse fuera de la superficie de la nueva capa recién colocada, hasta que se haya enfriado suficientemente como para que no queden marcas al momento

del paso. Cuando el tránsito se mantiene en la mitad de uno de los carriles, mientras dura el período de construcción, es necesario tener suficientes señales de alerta, bien colocadas, de tal forma que el tránsito se mantenga fuera de la mezcla fresca, recién colocada. El contratista debería planear su trabajo, de tal forma que el tránsito no sufra mayor inconveniente, al tener que viajar a lo largo de vías de una sola dirección. Cuando se dá la situación de que el tránsito no tiene suficiente espacio para dar la vuelta, o solo hay espacio para una vía de ida y de vuelta, se podrán controlar por medio de señalización intermitente, por banderas o por un camión piloto.

d) Mantenimiento

Se debe mantener orden y limpieza durante la construcción. En la orilla de la carretera no deberán quedar desperdicios de mezcla de la planta, ni basura, ni tablas, ni partes de equipo, ni herramientas manuales. Después de que las operaciones de pavimentación se han completado y antes de que el personal del contratista deje el sitio de trabajo, el inspector deberá ver que la limpieza final haya sido realizada.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta parte, se hará mención de unas cuantas situaciones a las que se les debe poner una mayor atención:

En términos generales, aunque no directamente relacionados con este trabajo, hay que hacer énfasis en la importancia de una buena preparación de la base sobre la cual se colocará la capa asfáltica, debido a que, en lugares en los que se tiene una alta precipitación anual, se corre el riesgo (más fácilmente que en otros) que el pavimento asfáltico se destruya por hundimientos debido a que se deforma la base.

En países como el nuestro, en el que la aplicación de los códigos y especificaciones de construcción aún no es generalizada, se debiera de tomar en cuenta que no debemos aplicar al pie de la letra los parámetros para el diseño del pavimento asfáltico, especialmente en lo que se refiere al peso de los vehículos que van a transitar por el pavimento asfáltico en cuanto generalmente, éstos van sobrecargados, como en el caso de los camiones de carga y buses extraurbanos. Por ese motivo, surge la interrogante de si debiéramos considerar cargas de diseño mayores a las especificadas.

La falta de responsabilidad de varias compañías que se dedican a pavimentar ha dado lugar a la construcción de pavimentos asfálticos de mala calidad; sin embargo, no sólo es culpa de quien no supervisa, coloca mal o efectúa incorrectamente la pavimentación. En muchas ocasiones se ha podido observar la mala calidad del asfalto colocado, para lograr ahorros en los costos, sin considerar que dicho asfalto tendrá una vida útil mucho menor que la prevista.

Las condiciones anteriores nos llevan a la conclusión que considerar un sobrediseño del pavimento asfáltico en general, para las circunstancias especiales que se dan en nuestro país, podría ser una solución.

Debería considerarse el incremento de los sistemas de control existentes en nuestro país (básculas), a forma de poder evitar el incurrir en el sobrediseño mencionado anteriormente.

Adicionalmente se debe mencionar la importancia del adiestramiento del personal para la correcta aplicación de las mezclas asfálticas en caliente. Cuando nos referimos a personal, hablamos directamente de las personas que se ven involucradas en el laboratorio de campo, control de calidad, tanto contratistas como supervisores.

Debe hacerse énfasis en la buena preparación del personal que trabajará en el campo de la Pavimentación con Mezclas Asfálticas en Caliente. Con esto nos referimos al caso de Guatemala en particular. Nuestro país no cuenta con la suficiente infraestructura para instruir adecuadamente tanto a obreros, maquinistas como a supervisores de campo y laboratorio. Debido a la falta de recursos estatales para estos fines, la iniciativa privada deberá asumir esta responsabilidad.

Debemos agregar también la situación del exceso de pendiente en ciertas rutas, tales como la Bajada de las Cañas (Carretera a Antigua Guatemala) y Villalobos (Carretera a Amatitlán), ya que dichas pendientes dificultan la pavimentación y provocan un ulterior esfuerzo en la capa asfáltica especialmente en el caso de frenadas repentinas.

Al mismo tiempo debemos hacer notar la importancia de un buen control de calidad en lo que se refiere a materiales, sobre todo en el caso de las mezclas asfálticas en caliente. En Guatemala deberán mejorarse los sistemas de supervisión para tal efecto, de modo que quede asegurada la buena calidad del asfalto que será colocado, no sólo en cuanto a la distribución sino también a la correcta colocación y compactación de la mezcla.

Se debe poner especial atención a la forma de hacer las juntas frías, especialmente las longitudinales, las cuales, de no estar bien hechas, dan problemas y causan molestias sobre todo en las carreteras.

Del uso de reportes y la implementación de procedimientos de control cruzado son de gran importancia para lograr que tanto los materiales como los procedimientos de construcción usados en los pavimentos de concreto asfáltico en caliente sean de la calidad deseada.

VI. BIBLIOGRAFIA

- 1) ASPHALT INSTITUTE
Manual Series No. 3
MS-3 Edición 1983
"ASPHALT PLANT MANUAL"
- 2) ASPHALT INSTITUTE
Manual Series No. 4
MS-4 Edición 1989
"THE ASPHALT HANDBOOK"
- 3) ASPHALT INSTITUTE
Manual Series No. 8
MS-8 Edición 1983
"ASPHALT PAVING MANUAL"
- 4) ASPHALT INSTITUTE
Manual Series No. 22
MS-22 Edición 1983
"PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF HOT-MIX ASPHALT
PAVEMENTS"
- 5) ASPHALT INSTITUTE PUBLICATIONS
Manual Series No. 7
MS-7 Edición 1983
"SELECTION FOR LOCAL AGGREGATES FOR HOT ASPHALT
MIXTURES"
- 6) BARBER-GREENE
"Bituminous Construction Handbook"
Edición 1963
- 7) WALLACE HUGH & ROGERS MARTIN
"ASPHALT PAVEMENT ENGINEERING"
Mc Graw-Hill 1967

APENDICE A

ASFALTOS

PRUEBAS DE AASHTO Y ASTM:

	ASHTO	ASTM
CEMENTO ASFALTICO		
Viscosidad	T201	D2170
	T202	D2171
Penetración	T49	D5
"Punto Flash"	T48	D92
Prueba de Horno para Película Delgada	T179	D1754
Prueba de Horno para Rodadura Delgada	T240	D2872
Ductilidad	T51	D113
Solubilidad	T44	D2042
Gravedad Específica	T228	D70
Punto de Suavizado	T53	D2398
ASFALTO DE CURADO RAPIDO		
Viscosidad	T201	D2170
"Punto Flash"	T79	D1310
Destilación	T78	D402
Agua en el Asfalto	T55	D95
Gravedad Específica	T227	D3142
ASFALTO DE CURADO LENTO		
Viscosidad	T201	D2170
"Punto FLash"	T48	D92
Destilación	T78	D402
Residuo de Asfalto	-	D243
Ductilidad	T51	D113
Solubilidad	T44	D2042
Agua en el Asfalto	T55	D95
Gravedad Específica	T227	D3142
ASFALTO EN EMULSION		
Viscosidad	T59	D244
Residuo de la Destilación	T59	D244
Asentamiento	T59	D244
Demulsibilidad	T59	D244
Prueba de Tamiz	T59	D244
Prueba en el Residuo	T59	D244
Prueba de Cambio de Partícula	T59	D244
Estabilidad de Almacenamiento	T59	D244
Destilado de Aceite	T59	D244

ASFALTO SOPLADO		
Punto de Suavizamiento	T53	D2398
Penetración	T49	D5
Pérdida de Calor	T47	D6

APENDICE B

AGREGADOS MINERALES

PRUEBAS DE AASHTO Y ASTM:

	ASHTO	ASTM
ANALISIS DEL TAMIZ		
Agregados finos	T27	C136
Mineral de Relleno	T37	D546
Equivalente de Arena	T176	D2419
Abrasión	T96	C131
GRAVEDAD ESPECIFICA		
Agregado Grueso	T85	C127
Agregado Fino	T84	C128
Relleno	T100 ó T133	D854
Unidad de Peso	T19	C29
Humedad	T255	C566

APENDICE C

MEZCLAS DE PAVIMENTO ASFALTICO

PRUEBAS DE AASHTO Y ASTM:

	ASHTO	ASTM
Prueba Marshall	T245	D1559
METODO HVEEM		
Prueba del Estabilómetro y del Cohesímetro	T246	D1560
Compactador Kneading	T247	D1561
Densidad	T166	D1188
Estracción	T164	D2172
Recuperación del Asfalto	T170	D1856
Destilados Volátiles o Humedad		D255
Métodos Alternos	T110	D1461
Gravedad Específica Máxima	T209	D2041

