

58
rej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**" FABRICACION Y COLOCACION DEL CONCRETO
ASFALTICO HECHO EN PLANTA "**

SEMINARIO DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A N :

TOMAS GARCIA GARCIA

JULIAN LOPEZ CONTRERAS



MEXICO, D. F.

1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**"FABRICACION Y COLOCACION DEL CONCRETO
ASFALTICO HECHO EN PLANTA"**

	PAG.
I. INTRODUCCION.....	1
II. DEFINICION DE CONCRETO ASFALTICO Y CARACTERIS- TICAS DE LOS MATERIALES QUE LO COMPONEN.....	5
II.1. Característica de los materiales.....	7
II.2. Pruebas de laboratorio para materiales - pétreos usados en carpetas asfálticas...	29
II.3. Pruebas de laboratorio para el material- asfáltico.....	35
II.4. Contenido de cemento asfáltico para car- petas.....	38
III. PROCESO DE FABRICACION DEL CONCRETO ASFALTICO.	54
III.1. La predosificación de los agregados.....	56
III.2. Tipos y funcionamiento de los alimentado- res.....	61
III.3. Secado y calentado de los agregados.....	66
III.4. Colector de polvo por vía húmeda.....	70
III.5. Cribas para agregados calientes.....	72
III.6. Polvas de material caliente.....	73
III.7. Depósitos y suministros del cemento -- asfáltico.....	74
III.8. Mezclado.....	76
III.9. Almacenamiento.....	80
IV. EQUIPO DE TRANSPORTE Y COLOCACION.....	83
IV.1. Generalidades.....	83
IV.2. Equipo de colocación.....	83
IV.3. Rodillos y equipo para acarreo.....	87

V. PROCEDIMIENTOS DE TENDIDO.....	94
V.1 Generalidades.....	94
V.2 Tendido con motoconformadora.....	100
V.3 Cuñas de Nivelación.....	105
V.4 Tendido con pavimentadora.....	108
V.5 Tendido a mano.....	129
V.6 Pavimentadoras remolcadas y esparcidoras.	130
V.7 Comprobación de la tolerancia de la super- ficie.....	132
V.8 Juntas longitudinales.....	133
V.9 Juntas transversales.....	137
V.10 Comprobación del tendido diario.....	139
V.11 Compactación.....	141
VI. CONCLUSIONES.....	157

CAPITULO I

INTRODUCCION

El constante crecimiento de la población demanda la construcción de más y nuevas vías de comunicación, tales como: Carreteras, Teléfonos, Ferrocarriles, calles y otras más.

La construcción de estas vías de comunicación representa un avance tanto en la infraestructura como en el desarrollo del país. También con la creciente realización de estas obras, van surgiendo nuevas técnicas y métodos que requieren de personas cada día más capaces para poder resolver los problemas que presentan estos nuevos avances.

Se va dando lugar a nuevos procedimientos de construcción de pavimentos, los cuales incluyen la fabricación de concreto asfáltico con nuevos métodos que a la vez proporcionan rapidez en su elaboración, buena calidad, siendo al mismo tiempo económicamente aceptables.

Es por eso que en este trabajo pretendemos describir los principales materiales que componen el concreto asfáltico, o sea, agregados pétreos, asfalto, en cuanto a sus caracterís-

ticas, propiedades y especificaciones, ya que dentro del campo de la ingeniería civil, es importante saber definir los materiales a utilizar, tener capacidad para saber proyectar y diseñar una obra según sean los requerimientos y lo más importante, optimizar de mejor manera los costos.

Las mezclas asfálticas utilizadas en la pavimentación de carreteras, son elaboradas a base de cemento asfáltico, preparándose en una instalación mezcladora. Para producir las se combinan, calientan, se secan los agregados pétreos y se mezclan con el cemento asfáltico.

La planta mezcladora puede ser pequeña y simple o grande y compleja, de acuerdo al tipo y cantidad de concreto asfáltico que va a producir.

En este trabajo hacemos referencia principalmente a las plantas fijas en sus dos tipos que son continuas y discontinuas. Estas plantas se encuentran instaladas en forma permanente y por lo general nunca se desmantelan ni son movidas de su lugar.

Para la selección de lugar de instalación de la planta se manejan ciertos criterios, tales como el escurrimiento superficial del agua, dirección predominante de los vientos, mano de obra, mercado y otros. El área debe estar limpia, con

las condiciones de sanidad y seguridad apropiadas.

También hacemos alguna mención acerca del funcionamiento de las plantas continuas como de las discontinuas. La forma en que cada una es alimentada para la producción del concreto asfáltico.

Por otra parte, para lo que es el transporte del concepto, se debe contar con los vehículos y persona adecuados que garantizan un buen desplazamiento de la planta a lugar de colocación.

Para la colocación del concreto asfáltico el ingeniero debe contar con el equipo suficiente y en buenas condiciones de tal manera que se aprovechen al máximo. Debe contar con personal altamente capacitado en el manejo del equipo ya que de él dependerá en ciertos casos un trabajo bien presentado.

Dentro del equipo utilizado para el tendido del concreto asfáltico, mencionamos algunas máquinas que son las más comúnmente usadas, y la forma más óptima en que deben operar para lograr un mejor trabajo.

En el campo de la ingeniería, la comunicación es fundamental y en este caso en particular el ingeniero debe

estar en constante comunicación con el personal que va a realizar la labor del tendido, para que en algún momento dado, ambos puedan tomar una decisión sobre algún problema.

Para la elaboración y colocación del concreto asfáltico, es fundamental la participación del ingeniero el cual con sus conocimientos adquiridos puede tener mejores perspectivas para la realización de una obra, que contribuya de la mejor manera para el desarrollo de la sociedad y el mismo tiempo para el desarrollo del país.

CAPITULO II

DEFINICION DE CONCRETO ASFALTICO Y CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES QUE LO COMPONEN

Una mezcla asfáltica o concreto asfáltico es fundamentalmente el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en un pétreo.

MEZCLAS ASFALTICAS

- a) APLICADAS EN CALIENTE
- b) APLICADAS EN FRIO
- c) EN INSTALACION MEZCLADORA
- d) IN SITU

a) MEZCLAS ASFALTICAS APLICADAS EN CALIENTE.

Mezclas en instalación mezcladora que deben extenderse y compactarse mientras aún están calientes. Los pavimentos asfálticos de mejor calidad se construyen empleando este tipo de mezclas.

b) MEZCLAS ASFALTICAS APLICADAS EN FRIO.

Mezclas en instalación mezcladora que pueden exten-

derse y compactarse a temperatura ambiente.

c) MEZCLA EN INSTALACION MEZCLADORA.

Mezcla en una instalación mezcladora mecánica central (o ambulante) de agregados y asfalto líquido que se aplica después sobre el camino. La dosificación de las diversas fracciones del material pétreo y del aglomerante asfáltico se fiscaliza cuidadosamente, y usualmente los pétreos se secan y calientan antes del mezclado.

d) MEZCLA IN SITU

Capa asfáltica producida mezclando los pétreos y un asfalto líquido por medio de instalaciones mezcladoras ambulantes, motoniveladoras, gradas de discos, rastras o maquinaria especial para mezcla in situ.

Las mezclas asfálticas para pavimentación hechas con cemento asfáltico se preparan en una instalación mezcladora. Para producirlas se combinan, calientan y secan los agregados pétreos y se mezclan con cemento asfáltico. Esta planta de mezclado puede ser pequeña y simple o grande y compleja, según el tipo y cantidad de mezcla asfáltica producida.

Las plantas de asfalto pueden ser fijas o transportables, sean del tipo discontinuo o de mezcla continua. La planta fija está ubicada en forma permanente y generalmente no se desmantela ni se mueve. La planta transportable puede ser desarmada fácilmente, trasladada con rieles o por carretera y rearmada con un gasto de tiempo y energía mínimos.

II.1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

ASFALTO:

A fin de captar el propósito de este tema, es conveniente definir qué es el asfalto. Se trata del residuo que resulta de los procesos de destilación de los crudos. Dicho proceso puede darse en forma natural o artificial, aunque el material asfáltico que se utiliza en la construcción de calles y caminos, se obtiene a partir de un proceso artificial en refinerías, como se ilustra en la fig. II.1

El asfalto se produce en una gran variedad de tipos, tales como: sólidos, duros y quebradizos, hasta los fluidos que son tan líquidos como el agua.

Este tipo de materiales se clasifican de acuerdo a sus propiedades y características como sigue:

a) CEMENTO ASFALTICO.

El cemento asfalto se encuentra en forma semisólida considerándose como una combinación de asfalto duro y aceites no volátiles. Este, al disolverse en diferentes destilados volátiles del petróleo, o emulsificándolo con agua, da origen a los asfaltos rebajados y a las emulsiones las cuales se describen en la siguiente tabla.

ASFALTOS REBAJADOS.

Aceites de volatilización lenta.	Kerosina	Gasolina	Agua Emulsor
Cemento asfáltico	cemento asfáltico	cemento asfáltico	cemento asfáltico
Asfaltos de fraguado lento.	asfaltos de fraguado <u>me</u> dio.	asfaltos de fraguado rápido	Emulsión asfáltico

b) ASFALTOS REBAJADOS.

Los productos obtenidos de los cementos asfálticos mezclados con disolventes, se les conoce como asfaltos rebajados. Al disolverse quedan en estado líquido, lo cual permite manejarlos fácilmente.

Los asfaltos rebajados se clasifican de acuerdo con su velocidad de fraguado, de la siguiente manera:

	FRAGUADO LENTO F.L.
ASFALTOS REBAJADOS	FRAGUADO MEDIO F.M.
	FRAGUADO RAPIDO F.R.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento, son materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y de un disolvente de baja volutilidad o un aceite ligero.

Los asfaltos rebajados de fraguado medio, son materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y de un disolvente del tipo de la Kerosina.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido son los materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y de un disolvente como la gasolina.

Las características que definen a los cementos asfálticos se presentan en las siguientes tablas II.2a. II.2b. II.2c.

TABLA II.2a

a) Asfaltos rebajados de fraguado rápido.

Características	GRADO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
<u>Pruebas al material asfáltico</u>					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag), °C mínimo			27	27	27
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, segundos..	75-150				
A 50°C, segundos..		75-120			
A 60°C, segundos..			100-200	250-500	
A 82°C, segundos..					125-250
Destilación: Por ciento del total destilado a 360°C					
Hasta 190°C, mínimo	15	10			
Hasta 225°C, mínimo	55	50	40	25	8
Hasta 260°C, mínimo	75	70	65	55	40
Hasta 315°C, mínimo	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C. Por ciento del volumen total por diferencia, mínimo	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<u>Pruebas al residuo de la destilación</u>					
Penetración, grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLLA II.2b

b) Asfaltos rebajados de fraguado medio

Características	GRADO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	EN-4
<u>Pruebas al material asfáltico</u>					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag.) °C mínimo	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 60°C, segundos			100-120	250-500	
A 82°C, segundos					125-250
Destilación: Por ciento a 360°C					
Hasta 225°C, máximo	25	20	10	5	0
Hasta 260°C,	40-70	25-65	15-55	4-40	30 Máx
Hasta 315°C,	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 360°C. Por cierre del volumen total por diferencia - mínimo	50	60	67	73	80
Agua por destilación, por ciento, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<u>Pruebas al residuo de la destilación</u>					
Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA II.2c

c) Asfaltos rebajados de fraguado lento

Características	GRADO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
<u>Pruebas al material asfáltico</u>					
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	66	66	80	93	107
Viscosidad Saybolt-Furol:					
A 25°C, segundos	75-150				
A 50°C, segundos		75-150			
A 60°C, segundos			100-200	250-500	
A 82°C, segundos					125-250
Destilación: Destilado total a 360°C, por ciento en volumen.	15-40	10-30	5-25	2-15	10 M&X
Agua por destilación, por ciento, máximo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración por ciento, mínimo	40	50	60	70	75
<u>Pruebas al residuo de la destilación</u>					
Flotación en el residuo de la destilación, a 25°C, segundos.	15-100	20-100	25-100	50-125	50-125
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C, cm. mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

c) EMULSIONES ASFALTICAS

Una emulsión es un sistema de dos fases formada por dos sustancias no miscibles entre sí, de las cuales, cuando menos una es necesariamente líquida. La combinación del cemento asfáltico, un agente emulsificador y el agua dan lugar a las emulsiones asfálticas.

Las emulsiones pueden ser aniónicas o catiónicas, dependiendo del agente emulsificante. Si los glóbulos de asfalto tienen carga electronegativa, las emulsiones serán aniónicas; si los glóbulos asfálticos tienen carga electropositiva las emulsiones serán catiónicas. (Fig. II.3.)

Para conseguir que el agua y el cemento asfáltico queden perfectamente emulsificados es necesario reducir el cemento asfáltico a pequeñas gotas, de tal manera que queden flotando en el agua. La estabilidad de esta suspensión se logra proporcionándole a las gotas de cemento una fuerza repulsiva que impida la unión de unas con otras lo que origina que los dos elementos, agua y cemento asfáltico se mantengan separados.

Las emulsiones fabricadas con emulsificantes aniónicos y catiónicos no son mutuamente compatibles cuando se mez-

FIG. II-3
 CARACTERISTICAS DE LAS
 EMULSIONES ASFALTICAS

TIPO	EMULSIFICANTE	FORMA	pH	AFINIDAD CON
ANIONICAS	ESTEARATO DE SODIO $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COO}^-$		ALCALINO > 8	CALIZAS Y DOLOMITAS 1 + 1
CATIONICAS	BROMURO DE CETIL-TRIMETIL-AMONIO		ACIDO < 7	MATERIALES SILICOSOS (-)
ROMPIMIENTO : R R. RM. RL = f (1% Emulsificante) = 0.5 → 1.0 %				
Ø GLOBULO ≈ 2 micras				
VISCOSIDAD = f (1% de asfalto y tamaño del globulo)				

clan entre sí, las cargas iónicas contrarias tienden a neutralizarse y se produce la coagulación del asfalto emulsificado. Generalmente las emulsiones aniónicas son alcalinas con un PH de 9 o más; las emulsiones catiónicas tienen valores de PH menores de 7.

Las emulsiones asfálticas catiónicas resultan adecuadas para los siguientes propósitos:

1) Riegos de liga. Las emulsiones catiónicas han probado tener éxito particularmente en riegos de liga, ya que rompen de inmediato el contacto con los materiales de la carretera y por esta causa no son afectados por la lluvia.

2) Para sellar las bases de grava y ligar la propia base que se tenderá sobre la carpeta.

3) Para recubrir los agregados pétreos húmedos, particularmente mezclas de grava de granulometría abierta. Las gravas duras, lavadas, resultan muy adecuadas porque el contenido de finos es muy bajo.

Las emulsiones asfálticas se clasifican en tres grupos de acuerdo a su resistencia y a su punto de coagulación de la siguiente manera:

EMULSIONES DE ROMPIMIENTO RAPIDO
EMULSIONES DE ROMPIMIENTO MEDIO
EMULSIONES DE ROMPIMIENTO LENTO

EMULSIONES DE ROMPIMIENTO RAPIDO.

Estas se caracterizan por el rompimiento al regarse y son adecuadas para tratamientos superficiales. Su viscosidad a la temperatura de aplicación en este tipo de tratamientos debe estar comprendida entre 25 y 100 segundos. Generalmente este tipo de emulsiones no son adecuadas para mezclas con agregados pétreos.

Tales emulsiones se utilizan frecuentemente para los siguientes usos:

- 1) Tratamientos superficiales
- 2) Calafateos o trabajos de taponamiento
- 3) Riegos de liga
- 4) Curado de concreto.

EMULSIONES SEMI-ESTABLES O DE ROMPIMIENTO MEDIO

Son emulsiones con estabilidad suficiente para permi-

Las plantas de asfalto pueden ser fijas o transportables, sean del tipo discontinuo o de mezcla continua. La planta fija está ubicada en forma permanente y generalmente no se desmantela ni se mueve. La planta transportable puede ser desarmada fácilmente, trasladada con rieles o por carretera y rearmada con un gasto de tiempo y energía mínimos.

II.1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

ASFALTO:

A fin de captar el propósito de este tema, es conveniente definir qué es el asfalto. Se trata del residuo que resulta de los procesos de destilación de los crudos. Dicho proceso puede darse en forma natural o artificial, aunque el material asfáltico que se utiliza en la construcción de calles y caminos, se obtiene a partir de un proceso artificial en refinerías, como se ilustra en la fig. II.1

El asfalto se produce en una gran variedad de tipos, tales como: sólidos, duros y quebradizos, hasta los fluidos que son tan líquidos como el agua.

Este tipo de materiales se clasifican de acuerdo a sus propiedades y características como sigue:

delgado con emulsión de 30 y 40% de contenido asfáltico.

3. Las carpetas de textura abierta que presentan signos de desgaste, son selladas con mortero asfáltico fabricado con arena fina y emulsión asfáltica muy estable.

4. Estabilización de suelos. Se puede usar la emulsión sola o bien, una combinación de emulsión asfáltica de fraguado lento y cemento hidráulico; en esta forma se obtiene un suelo estabilizado que posee la rapidez del fraguado de la mezcla suelo/cemento, pero presentando aún su naturaleza plástica. La emulsión de asfalto comunica al suelo resistencia considerable a la absorción del agua.

Las características que definen a los diferentes tipos de emulsiones, tanto aniónicas como catiónicas se ilustran en las tablas II.4 y II.5

Por otra parte, los materiales asfálticos deberán almacenarse en depósitos que reúnan los requisitos necesarios para evitar contaminaciones y estarán protegidos contra incendios, fugas y pérdidas excesivas de disolventes.

Cuando se usan asfaltos rebajados se contará con un calentador y una bomba para poder hacer la carga a la petroliadora.

II.4) Emulsiones asfálticas aniónicas

Características	GRADO				
	Rompimiento Rápido		Rompimiento Medio		Rompimiento Lento
	RR-1	RR-2	RM-2	RL-1	RL-2
<u>Pruebas al material asfáltico</u>					
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C, segundos	20-100		100Min.	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C, segundos		75-400			
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo	57	62	62	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo	3	3	3	3	3
Demulsibilidad:					
35 ml de 0.02N CaCl ₂ , por ciento, mínimo	60	50			
50 ml de 0.10N CaCl ₂ , por ciento, máximo			30		
Retenido en la malla N ^o 20 por ciento máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo				2.0	2.0
<u>Pruebas al residuo de la destilación.</u>					
Penetración, 25°C, 100g. 5 segundos, grados	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm. mínimo	40	40	40	40	40

TABLA II.5
Emulsiones asfálticas catiónicas

Características	GRADO					
	Kompimiento rápido		Kompimiento medio		Kompimiento lento	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
<u>Pruebas al material asfáltico</u>						
Viscosidad Saybolt-Furol 25°C, segundos					20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol 60°C, segundos	20-100	100-400	50-500	50-500		
Residuo de la destilación por ciento en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. - 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo)						
Prueba de resistencia al agua.						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo.			80	80		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo					2	2
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva		
.ll, máximo					6.7	6.7
Disolvente en volumen, por ciento máximo	3	3	20	12		

Características	GRADO					
	Rompimiento rápido		Rompimiento medio		Rompimiento lento	
	RR-2K	RR-3K	RH-2K	RH-3K	RL-2K	RL-3K
<u>Pruebas al residuo de la destilación</u>						
Penetración, 25°C, 100g, 5 segundos, grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	40-90
Solubilidad de tetracloruro de carbono, - por ciento, mínimo	97	97	97	97	97	97
Ductilidad, 25°C, cm. mínimo	40	40	40	40	40	40

NOTA: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), ni bajar más de treinta por ciento (30%) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cuarenta grados centígrados (40°C).

Las temperaturas de los materiales asfálticos en el momento de su empleo serán las siguientes:

a) Asfaltos rebajados de fraguado lento:

FL-0 de 20°C a 30°C

FL-1 de 30°C a 45°C

FL-2 de 75°C a 85°C

FL-3 de 85°C a 95°C

FL-4 de 95°C a 100°C

AGREGADOS

Los materiales más comunes utilizados como agregados son: la roca triturada o la ascoria, la grava, la arena y algunas veces se emplea también material de relleno.

Los agregados contribuyen a la estabilidad mecánica, soportando los esfuerzos provocados por los vehículos, al mismo tiempo que transmiten las cargas a la sub-base atenuando la presión sobre ella.

Los agregados minerales para carpetas asfálticas, los podemos clasificar de la siguiente manera:

- 1) Materiales naturales
- 2) Materiales naturales tratados o escorias
de fundición
- AGREGADOS
- 3) Mezclas de materiales.

1) MATERIALES NATURALES.

Son aquellos que se encuentran en la naturaleza y que no se hace necesario ningún tratamiento, tales como: arena de río, limos para mejoramiento, gravillas con arena, arenas graníticas, areniscas, etc.

2) MATERIALES NATURALES TRATADOS O ESCORIAS DE FUNDICION.

Son aquellos que requieren de un proceso previo de trituración y cribado.

3) MEZCLAS DE MATERIALES.

Son una combinación de los grupos mencionados anteriormente.

Los agregados también se pueden clasificar por su tamaño o por sus características granulométricas, las cuales se determinan por medio de cribas o mallas conforme a la si-

guiente relación:

a) Materiales gruesos. Son los retenidos en la malla del No. 8 y que generalmente en la construcción de carpetas asfálticas, son menores de 1".

b) Materiales finos. Son aquellos que logran pasar a través de la malla del No. 8.

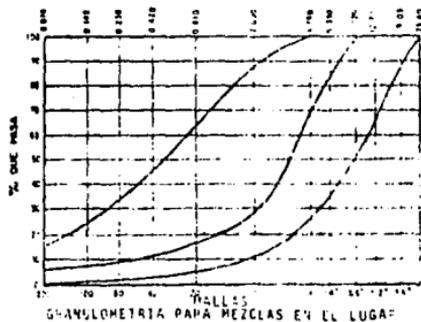
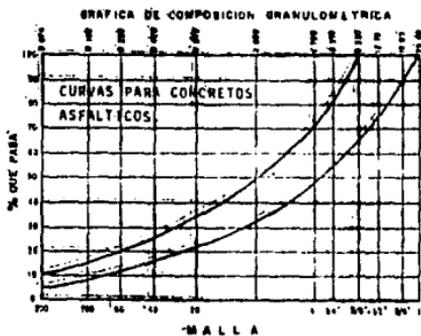
c) Relleno. Son los materiales que alcanzan a pasar a través de la malla No. 200

En general, los agregados para la construcción de carpetas asfálticas deben cumplir los siguientes requisitos:

a) Evitar el uso de materiales pétreos que presenten más del 15% en peso de fragmentos en forma de laja o tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se les tritura.

b) Evitar que los agregados pétreos contengan materia orgánica de manera que sea perjudicial.

c) No deben contener los agregados pétreos, arriba de un 20% de fragmentos suaves.



d) El empleo de los agregados pétreos de ser de preferencia en seco.

e) El tamaño máximo de agregados pétreos no deberá exceder las dos terceras partes del espesor de la carpeta.

f) Los agregados pétreos deben cumplir las características granulométricas tales que su curva graficada quede dentro de las zonas marcadas por las siguientes curvas, según sea el caso.

g) La absorción del material pétreo no debe ser mayor de 3%.

h) La densidad aparente del material pétreo no debe ser menor de 2.3 kg/m^3 .

i) El material debe tener buena adherencia con el asfalto.

j) El material pétreo debe resistir la prueba del intemperismo acelerado.

En la siguiente hoj^a se ilustra un formato en donde se efectúa la prueba de granulometría para la planta de Departamento del Distrito Federal.

PLANTA DE ASFALTO DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

Muestra Núm. ----- Gr.

Fecha ----- Operador -----

Procedencia -----

Cantones -----

HUMEDAD

Muestra Núm. ----- Gr.

Muestra Seca ----- Gr.

Contenido de Agua ----- Gr.

Contenido de Agua ----- %

Malla	RETENIDO			Pasa
	Gr.	%	Acum.	
1"				
3/4				
1/2				
3/8				
1/4				
4				
10				
20				
40				
60				
100				
200				
Chs				

Desperdicio ----- %

Muestra Núm. -----

Fecha ----- Operador -----

Procedencia -----

Cantones -----

HUMEDAD

Muestra Núm. ----- Gr.

Muestra Seca ----- Gr.

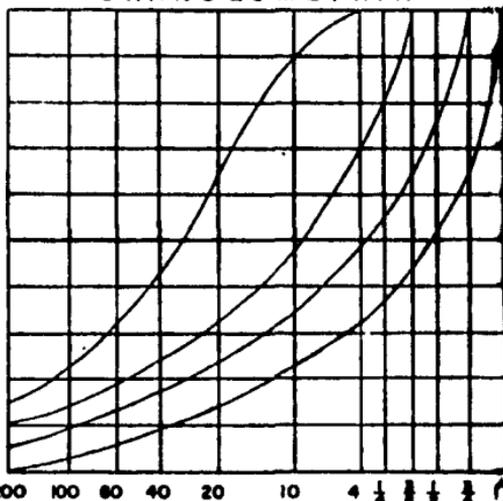
Contenido de Agua ----- Gr.

Contenido de Agua ----- %

Malla	RETENIDO			Pasa
	Gr.	%	Acum.	
1"				
3/4				
1/2				
3/8				
1/4				
4				
10				
20				
40				
60				
100				
200				
Chs				

Desperdicio ----- %

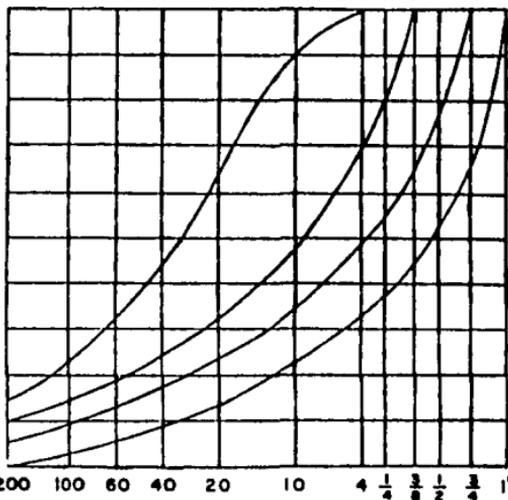
GRANULOMETRIA



Fecha ----- Operador -----

Cantones -----

GRANULOMETRIA



Fecha ----- Operador -----

Cantones -----

II.2. PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MATERIALES PETREOS USADOS EN CARPETAS ASFALTICAS.

Estas pruebas pueden concretarse a lo siguiente:

a) PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO. La obtención del peso volumétrico seco y suelto de los materiales pétreos para carpetas asfálticas, tiene por objeto hacer conversiones de peso de material, a volúmenes. La prueba se ejecuta de la siguiente manera:

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

b) GRANULOMETRIA. El objeto de esta prueba es hacer un análisis y clasificación del contenido de gravas, arenas

y finos de cada muestra y así poder conocer que clase de textura tendrá la carpeta asfáltica. La prueba de análisis granulométricos se lleva a cabo conforme al siguiente procedimiento:

Se pesa una determinada cantidad de material obtenida por cuarteos de la muestra representativa y se pasa por las mallas de 1" (25.40mm), 3/4" (19.05 mm), 1/2" (12.70 mm), 3/8" (9.25 mm), 1/4" (6.35mm), # 4 (4.76 mm), # 10 (2.00 mm), # 20(0.840 mm), #40 (0.420 mm), #60 (0.250 mm), #100 (0.149mm) y # 200 (0.074mm), anotándose los retenidos en cada malla. Se pesa el retenido parcial respecto a la muestra ensayada. Después se calculan los porcentajes acumulativos que pasan por cada malla. Con estos últimos se dibuja la curva granulométrica del material, empleando un eje de coordenadas y anotando en el eje de las ordenadas, a escala aritmética, los porcentajes que pasan y en el eje de las abscisas a escala, logarítmica, las aberturas de las mallas. Observando en qué zona de granulometría cae el material ensayado, según lo mostrado en las especificaciones; de esta manera se puede decir si el material está bien o mal graduado y qué textura tendrá la carpeta que se elabore con dicho material.

c) DENSIDAD Y ABSORCION. Para ejecutar las pruebas de la densidad y absorción de los materiales pétreos que se emplearán en la elaboración de carpetas asfálticas, se toma

material del retenido en la malla 3/8" y se pone a saturar durante 24 horas, después de lo cual se extrae el material del agua y se seca superficialmente con un lienzo absorbente e inmediatamente se pesa, (Ph).

En esas condiciones se sumerge el material en un picnómetro con agua y se observa qué cantidad de ella desaloja, anotándose dicho volumen de agua como V. Se extrae el material y se pone a secar en un horno durante 12 horas a temperatura de 100 a 110°C. Después de ello se saca el material del horno, se deja enfriar y se pesa obteniéndose el peso seco, P.S. con estos datos se obtiene la densidad y la absorción del material así:

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

$$\% \text{ de absorción} = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

Los resultados obtenidos se comparan con las especificaciones correspondientes.

d) DESGASTE. Esta prueba tiene por finalidad conocer la calidad del material pétreo desde el punto de vista de su desgaste ya sea por el grado de alteración del agregado, o por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgase-

te. Cuando se trata de analizar el desgaste de piedras en trozos se emplea la máquina "Los Angeles" denominándose al resultado "Desgaste los Angeles". La prueba se ejecuta de la manera siguiente: La muestra a ensayar se lava para eliminar el polvo que tenga adherido y luego se seca a peso constante en un horno y después se criba a través de las mallas 3", 2-1/2", 1-1/2", 1", 3/4", 1/2", #3, #4, #8, y #12 para conocer su graduación. Luego se emplea una cantidad determinada de cada tamaño para ejecutar la prueba, así como el peso en Kg de la carga abrasiva y el número de revoluciones que deberá darse a la máquina. La muestra seleccionada se pesa (p1), se coloca con las esferas en la máquina y ella se hace girar hasta completar las revoluciones especificadas. Se saca la muestra de la máquina y se lava a través de la malla #12 secándolo el retenido de ésta en un horno y se pesa (p2). La pérdida por desgaste será:

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

e) ADEHERENCIA CON EL ASFALTO. Esta prueba tiene por objeto el determinar si el material pétreo que se pretende emplear en la elaboración de carpetas asfálticas, tiene más afinidad por el agua que por el asfalto. Esta prueba es de fundamental importancia, debido a que si un material tiene afinidad con el agua, ésta provocará un desprendimiento de

la película que forma el cemento asfáltico.

La falta de adherencia del asfalto con el material pétreo puede presentarse por la presencia de una película fina de polvo adherido al material pétreo o debida a las características hidrofílicas del material que no es más que un fenómeno de tensión superficial entre las fases agregado-asfalto-agua.

Para determinar si un material tiene una buena o mala adherencia con un determinado asfalto, debe ejecutarse la prueba de desprendimiento por fricción. El procedimiento consiste en verificar por duplicado esta prueba tomando como testigo un material que haya comprobado tener buena afinidad con el cemento asfáltico.

De la mezcla preparada en las mismas condiciones como se va a emplear en la obra, se toman unos 300 gr y se colocan en un frasco de vidrio y se les agrega agua hasta cubrir dicha mezcla, dejándola en reposo durante 24 horas. Si después de este tiempo el desprendimiento del cemento asfáltico del agregado es de consideración, el material puede clasificar como altamente hidrofílico.

Si no ha ocurrido un desprendimiento apreciable de la película de asfalto, el fracaso con su contenido deberá

agitarse por tres periodos de cinco minutos cada uno, debiendo examinarse la mezcla dentro del frasco después de cada proceso de agitación. Si no se nota un desprendimiento de asfalto al terminar el tercer periodo de agitación, o que haya habido un desprendimiento ligero, comparado al testigo, puede considerarse como adherencia normal con el asfalto. En caso contrario se determinará que el material tiene adherencia regular o baja, según sea el desprendimiento ocurrido del asfalto siendo necesario aumentar dicha adherencia, ya sea empleando un adicionante, o tratando de ver si ésta se mejora cambiando el tipo de asfalto, triturando el material a un tamaño menor o lavando el agregado pétreo.

f) CONTRACCION LINEAL. La contracción lineal de los finos del material pétreo nos indica la presencia de mucha o poca actividad de la arcilla que contenga. Si la arcilla se presenta en forma de película delgada adherida al material pétreo, provoca una baja adherencia del asfalto con el agregado pétreo. Si la arcilla se encuentra en grumos o terrones, serán puntos débiles y de falla de la carpeta, en presencia del agua. La contracción lineal es la disminución en una dimensión de la masa del suelo expresada como un porcentaje de la dimensión original; esto es, cuando su contenido de humedad se reduce desde una cantidad de igual a la del límite líquido del material hasta el límite de contracción del mismo.

11.3 PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL MATERIAL ASFALTICO.

El asfalto se presenta en una amplia variedad de tipos y grados normalizados. En los siguientes párrafos se describen brevemente los ensayos de laboratorio necesarios para determinar si los asfaltos cumplen estas especificaciones, y se hace referencia a los métodos de ensayos normalizados.

a) PENETRACION. El ensayo de penetración determina la dureza o consistencia de un material asfáltico, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Cuando no se mencionan específicamente otras condiciones se entiende que la medida de la penetración se hace a 25°C, que la aguja está cargada con 100 g y que la carga se aplica durante 5 seg.

b) VISCOSIDAD. La finalidad del ensayo de viscosidad es determinar el estado de fluidez de los asfaltos a las temperaturas que se emplean durante su aplicación. La viscosidad o consistencia del asfalto se mide en el ensayo de viscosidad cinemática.

En el ensayo Saybolt-Furol se emplea un viscosímetro Saybolt con orificio Furol. Se coloca en un tubo normalizado cerrado con un tapón de corcho una cantidad especificada de

asfalto. Como las temperaturas a que se determina la viscosidad de los asfaltos son frecuentemente superiores a los 100°C , el baño de temperatura constante del viscosímetro se llena con algún tipo de aceite. Cuando el asfalto ha alcanzado una temperatura establecida, se quita el tapón y se mide el tiempo necesario en segundos para que pasen a través del orificio Furol 60 ml del material.

Cuanto más viscosos son los materiales más tiempo es necesario para que pasen a través del orificio.

La viscosidad cinemática del betún asfáltico se mide normalmente con viscosímetros de tubo capilar de cristal como el descrito en el apéndice F del método D445, ASTM. La base de este ensayo es la medida del tiempo necesario para que fluya un volumen constante de material bajo condiciones de temperatura y altura de líquido rígidamente controladas, mediante el tiempo medido en segundos y la constante de calibración del viscosímetro, es posible calcular la viscosidad cinemática del material en la unidad fundamental, centistokes.

c) PUNTO DE INFLAMACION. El punto de inflamación del asfalto indica la temperatura a que puede calentarse el material sin peligro de inflamación en presencia de llama libre. Esta temperatura es usualmente muy inferior a aquella

a la que el material ardería. Esta última temperatura se llama punto de fuego, pero rara vez se incluye en las especificaciones de los asfaltos.

El punto de inflamación de un asfalto, se mide por el ensayo en vaso abierto cleveland según condiciones normalizadas prescritas en los métodos AASHO T48 y ASTM D92. Un vaso abierto de latón se llena parcialmente con asfalto y se calienta a una velocidad establecida. Se hace pasar periódicamente sobre la superficie de la muestra una pequeña llama, y se define como punto de la llama la temperatura a la que se han desprendido vapores suficientes para producir una llamarada repentina.

d) DUCTILIDAD. La ductilidad es una característica de los asfaltos importante en muchas aplicaciones.

La presencia o ausencia de ductilidad, sin embargo, tiene usualmente mayor importancia que el grado de ductilidad existente.

El ensayo consiste en moldear en condiciones y con dimensiones normalizadas una probeta de asfalto que después se somete a la temperatura normalizada de ensayo y se somete a alargamiento con una velocidad especificada hasta que el

hilo que une los dos extremos rompe. La longitud (en cm) a la que el hilo de material se rompe define la ductilidad. Las condiciones normalizadas para este ensayo se determinan detalladamente en los métodos AASHO T51 y ASTM D113.

e) SOLUBILIDAD. El ensayo de solubilidad determina el contenido en betún del betún asfáltico. La porción de betún asfáltico soluble en sulfuro de carbono está constituida por los elementos aglomerantes activos.

La mayor parte de los asfaltos se disuelven en igual proporción en sulfuro de carbono y en tetracloruro de carbono. Como el tetracloruro de carbono no es inflamable, es el disolvente preferido en la mayor parte de los casos.

La determinación de la solubilidad es sencillamente un proceso de disolución del asfalto en un disolvente separando la materia insoluble.

II.4. CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO PARA CARPETAS.

En la determinación del contenido de cemento asfáltico (C.A.) en el diseño de mezclas asfálticas, se determinarán las siguientes características:

- 1). El contenido mínimo de cemento asfáltico
- 2). El contenido óptimo de cemento asfáltico

Veamos ahora la determinación del contenido mínimo de cemento asfáltico por el procedimiento llamado del área superficial.

Este método se puede aplicar a materiales graduados que contiene determinada cantidad de finos. Los agregados pétreos por cada kilogramo de material. Para llevar a cabo esta cuantificación se utilizan las siguientes constantes de área en metros cuadrados por kilo de material pétreo.

Material pasa malla 1-1/2" y se retiene en 3/4"	0.27 m ² /kg Mat.
Material pasa malla 3/4" y se retiene en #4	0.41 m ² /kg Mat.
Material pasa malla #4 y se retiene en #40	2.05 m ² /kg Mat.
Material pasa malla #40 y se retiene en #200	15.38 m ² /kg Mat.
Material pasa malla #200 y se retiene en	53.30 m ² /kg Mat.

Cada una de estas constantes se multiplican por los porcentajes de partículas entre las mallas correspondientes, dando por resultado que se obtengan determinadas superficies por kilogramo de material. Posteriormente se suman todas las superficies calculadas y el resultado se multiplica por el índice Asfáltico, que varía de 0.0055 a 0.01385, de acuerdo con la rugosidad y la porosidad de los agregados.

El porcentaje de C.A. obtenido debe convertirse a porcentaje de producto asfáltico, ya sea un rebajado o una emulsión, tomando en cuenta el contenido de residuo asfáltico del mismo. A continuación se presentan los índices asfálticos más comunes:

MATERIAL PETREO	INDICE ASFALTICO
Gravas y arenas o materiales redondos de baja absorción	0.005'
Gravas angulosas o redondeadas, trituradas de baja absorción	0.0060
Gravas angulosas o redondeadas de alta absorción y rocas trituradas de mediana absorción	0.0070
Rocas trituradas de alta absorción	0.0080

Se considera una absorción como baja a la que tiene un valor menor de 2%, absorción mediana a la comprendida entre 2% y 4%, absorción alta a la mayor de 4%.

PRUEBA MARSHALL

No sólo es importante ensayar el asfalto y los agregados separadamente, sino que deben realizarse ensayos sobre combinaciones de estos materiales hasta establecer las proporciones y características adecuadas para estas mezclas.

La prueba Marshall, tiene por objeto, determinar los valores de estabilidad y de flujo en especímenes cilíndricos, compactados axialmente y probados a una temperatura de 60°C. El equipo necesario para la elaboración y prueba de los especímenes requiere de los siguientes elementos:

Un molde de compactación provisto de un collarín y de una placa de base, un pistón de compactación con superficie circular y de 9.84 cm, de diámetro; equipado con una pesa deslizante de 10 lb = 4.536 kg., cuya altura de caída es de 45.7cm; una máquina de comprensión Marshall accionada con motor eléctrico que permite aplicar cargas por medio de una cabeza de prueba con forma de anillo seccionado a una velocidad de 5.08 cm/min. Está equipada con un anillo calibrado para determinar el valor de las cargas y un extensómetro para medir las deformaciones del anillo; un medidor de flujo, un tanque de saturación con dispositivo eléctrico para mantener constante la temperatura del agua; hornilla eléctrica para

calentar los agregados; un termómetro blindado para registrar temperaturas entre 10 y 200°C. Una balanza con capacidad de 20 Kg y sensibilidad de un gramo, una cuchara de albañil, espátulas y charolas.

Elaboración de los especímenes:

Para la preparación de los especímenes es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos de procedimiento:

1. Después de ser fijada la granulometría se determina el porcentaje en peso de aquellos elementos que por su tamaño han sido superados previamente, respecto al material pétreo.

Material retenido en la malla de 1/2"

Material que pasa la malla de 1/2" y se retiene en la de 1/4"

Material que pasa la malla de 1/4" y se retiene en la #10

Material que pasa la malla # 10 y se retiene en la #40

Material que pasa la malla # 40

Para cada contenido de cemento asfáltico se fabrican 3 especímenes cada uno de los cuales requiere 1200 gr de agregado pétreo. Se toma de cada una de las medidas mencionadas, la cantidad de muestra que resulta de multiplicar el porcenta-

je en peso de cada fracción por el peso total de la muestra. Las fracciones ya pesadas se mezclarán previamente a la adición de cemento asfáltico. La cantidad de cemento asfáltico que deberá suministrarse a cada muestra se calculará sobre la base de contenido mínimo de cemento; las cantidades de cemento asfáltico deberán corresponder a los siguientes porcentajes de cemento asfáltico:

Contenido Calculado	-1%
Contenido Calculado	neto
Contenido Calculado	+ 0.5%
Contenido Calculado	+ 1.0%
Contenido Calculado	+ 1.5%
Contenido Calculado	+ 2.0%

Una vez que se definen los contenidos, se mezclarán los agregados y el cemento asfáltico calentados previamente a las temperaturas de 175° y 120° , respectivamente, hasta obtener una distribución uniforme del cemento asfáltico. La temperatura de la mezcla no debe ser menor de 100°C al momento de elaborar el espécimen. En ningún caso la mezcla deberá ser recalentada.

2. Para llevar a cabo la compactación se procederá de la siguiente manera: El pisón y el molde se calientan

en un baño de agua hirviendo. Una vez caliente, se coloca un filtro en el fondo del molde y se llena éste con la mezcla caliente. Se apoya el pistón sobre la mezcla y se aplican 50 golpes con la pesa deslizante. La cara del pistón se mantiene paralela a la base del molde durante el proceso de compactación. Se quita el collarín y se invierte la posición del molde; se coloca el collarín y se aplican otros 50 golpes en el espécimen. Este proceso se aplica al estudio de mezclas proyectadas para recibir presiones de 7kg/cm^2 . El número de golpes en el espécimen se incrementa a 75 cuando las mezclas estén proyectadas para presiones de contacto entre 7 y 14kg/cm^2 . Se remueve el collarín y la placa de base por un tiempo de 1 minutos como mínimo. Se extrae el espécimen del molde, se identifica y se deja enfriar a la temperatura ambiente de 12 a 24 horas. Los especímenes compactados deben tener una altura de 6.35 cm y con una tolerancia de 3.2 mm. En caso de no cumplir con las tolerancias debe repetirse el proceso para asegurarse de su eficiencia.

PRUEBA A COMPRESION DE LOS ESPECIMENES.

La prueba de los especímenes determina el peso volumétrico y define la estabilidad y el flujo de los mismos. La determinación del peso volumétrico se hace dividiendo el peso entre el volumen. Los valores de estabilidad y flujo se deter-

minan ensayando los especímenes en el aparato Marshall, siguiendo el siguiente procedimiento:

a) Se sumerge el espécimen en el tanque con agua a la temperatura de 60°C con medio grado de tolerancia y se mantiene ahí entre 20 y 30 minutos.

b) Se limpia la superficie del anillo seccionado y se lubrican los postes guía de tal manera que la sección superior del anillo seccionado se le deslice libremente.

e) Se ajusta a cero el extensómetro del anillo de carga. Al término del período de inmersión en agua caliente se saca el espécimen del agua y se seca la superficie.

d) Se coloca el medidor del flujo en el poste guía y se ajusta a cero su carátula. Se aplica la carga el espécimen a una velocidad constante de 5 cm sobre minuto hasta que se presente la falla del espécimen a la temperatura de 60°C , se debe registrar como el valor de la estabilidad Marshall.

e) Mientras se esté realizando la prueba se debe sostener firmemente el medidor de flujo sobre el poste guía y se remueve tan pronto se haya aplicado la carga máxima, anotándose la deformación sufrida por el espécimen. Esta lec-

tura en milímetros expresa el valor del flujo; se promedian los valores de estabilidad y flujo de los tres especímenes con el mismo contenido de cemento asfáltico, debiendo desecharse para el cálculo el valor que discrepe notablemente.

La prueba descrita con anterioridad debe completarse dentro de un período de 30 segundos contados a partir del momento en que los especímenes sean sacados del tanque de agua caliente.

La determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico se hace de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. Se calcula un promedio del peso volumétrico de los especímenes de prueba elaborados con un mismo porcentaje de cemento asfáltico.

2. Se determina la densidad teórica máxima y el porcentaje de vacíos para cada contenido de cemento asfáltico.

3. Se calcula la relación entre el volumen ocupado por el cemento asfáltico y el volumen total de huecos que existirá si el material pétreo del espécimen no contuviera cemento asfáltico. Para esto último se utiliza la siguiente expresión:

$$V_o = \frac{Dr. Pa. \gamma}{100 Dr. Da - (100 - Pa). Da.8} \cdot \frac{\text{Volumen de cemento asfáltico}}{\text{Volumen total de huecos.}}$$

En donde:

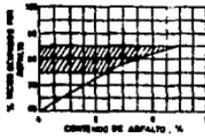
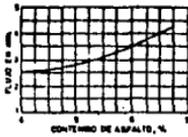
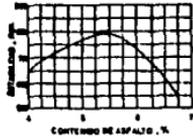
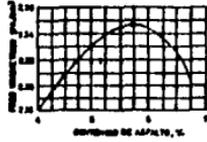
- DR = Densidad relativa aparente del material pétreo
 γ = Peso volumétrico del espécimen en gr/cm³
 Pa = Porcentaje de cemento asfáltico con relación al peso de de la mezcla.
 Da = Densidad relativa del cemento asfáltico (1.3 aprox)

4. Se procura corregir los valores de estabilidad de los especímenes que no tengan la altura especificada de 6.35 cm multiplicando los valores obtenidos por los siguientes valores de corrección que siguen:

ALTURA DEL ESPECIMEN	FACTOR DE CORRECCION	ALTURA DEL ESPECIMEN	FACTOR DE CORRECCION
55	1.27	63.5	1.00
56	1.23	64.0	0.98
57	1.20	65.0	0.96
58	1.16	66.0	0.94
59	1.13	67.0	0.92
60	1.10	68.0	0.90
61	1.07	69.0	0.88
62	1.04	70.0	0.86
63	1.01	71.0	0.84

5. Lo anterior permitirá la representación de las gráficas siguientes:

- Peso volumétrico contra contenido de C.A.
- Estabilidad contra contenido de C.A.
- Flujo contra contenido de C.A.
- Porcentaje de vacíos contra contenido de C.A.
- Huecos obtenidos por el asfalto (vo) contra contenido de C.A.



6. De los datos obtenidos de las gráficas indicadas se calcula el contenido óptimo de C.A. promediando los siguientes valores.

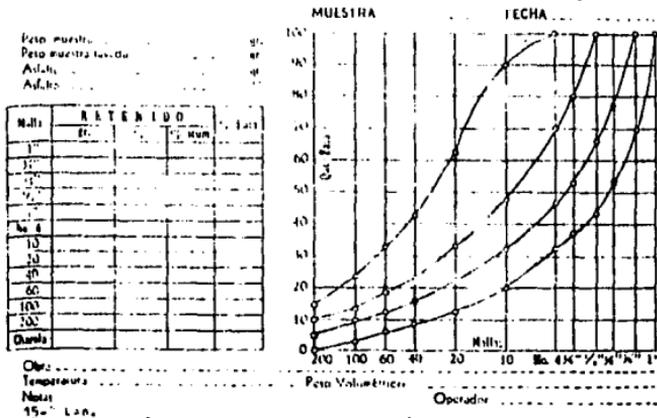
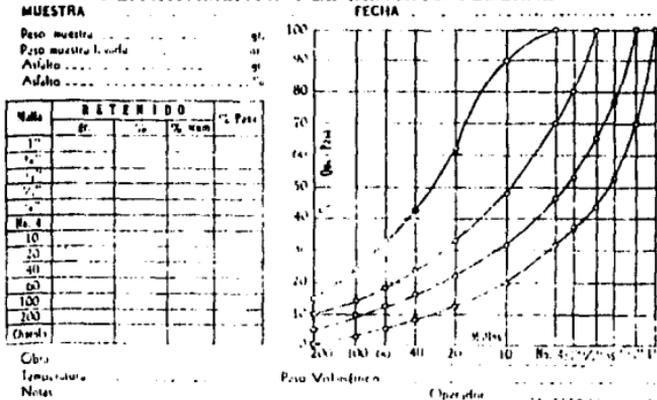
El contenido de C.A. correspondiente al mayor peso volumétrico
 El contenido de C.A. correspondiente a la máxima estabilidad
 El contenido de C.A. correspondiente al valor medio del porcentaje de vacíos.
 El contenido de C.A. correspondiente al valor promedio del porcentaje de huecos ocupados por el C.A.

Estos valores se señalan en la tabla que se indica a continuación.

PRUEBA	TIPO DE MEZCLA	PRESION DE CONTACTO DE LAS LLANTAS	
		7 Kg/cm ²	14 Kg/cm ²
Estabilidad		225 Kg, min.	450 Kg, min.
Flujo		4mm máx	5 mm máx.
Por ciento de Vacíos	Con agregados de tamaño máximo de 3/4"	3-5	3-5
	Con agregados de tamaño máximo de 1/4"	5-7	6-8
Por ciento de huecos ocupados por el C.A	Con agregados de tamaño máximo de 3/4"	75-85	75-82
	Con agregados de tamaño máximo de 1/4"	65-75	65-72

A continuación se ilustran los formatos utilizados para la realización de la "Prueba Marshall" en la Planta del Departamento del Distrito Federal.

PLANTA DE ASFALTO DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL



CAPITULO III

PROCESO DE FABRICACION DEL CONCRETO ASFALTICO

Las instalaciones mezcladoras modernas para la obtención de mezclas asfálticas en caliente se instalan y regulan, adecuadamente, para la producción de mezcla uniforme en forma automática mediante el empleo de controles eléctricos e hidráulicos así como dispositivos automáticos. Un solo hombre puede iniciar el proceso y vigilar la instalación mientras ésta realiza los diversos ciclos de dosificación automática, mezclado en seco, peso, adición del asfalto, mezclado y descarga del producto en los camiones.

El automatismo asegura el proceso adecuado y evita que se inicie una operación antes de que se haya terminado la anterior. Este tipo de funcionamiento reduce las posibilidades de error humano.

Una planta de concreto asfáltico es una fábrica que tiene por objeto la producción de mezclas asfálticas respondiendo a las exigencias de las especificaciones. Existen dos tipos principales de plantas para mezclas en caliente:

- a) la planta de mezcla continua
- b) la planta de mezcla discontinua

- La planta de mezcla continua.- En esta, el material procedente de las tolvas de almacenaje en caliente se dosifica por medio de compuertas regulables que descargan sobre los alimentadores de material caliente. Todos los materiales son transportados al mezclador en forma continua. El asfalto también fluye continuamente, regulándose con una bomba conectada con el mecanismo de dosificación de tal forma que se obtiene una relación constante entre la cantidad total del agregado y de asfalto, independientemente de la velocidad de producción. Este proceso se realiza por volumen y no por peso.

- La planta de mezcla discontinua.- En esta el material procedente de cada tolva se pesa de un nuevo recipiente y se deja a continuación en el mezclador, después de lo cual se añade asfalto.

Estas plantas producen el concreto asfáltico en forma limitada, dependiendo del recipiente donde se hace el mezclado. El ciclo de operación de estas plantas comprende: a) el pesado de los materiales (dosificación), b) el mezclado con el cemento asfáltico y c) la descarga sobre los vehículos transportadores.

Los pasos principales para producir una mezcla asfáltica son los siguientes:

III.1. 1A PREDOSIFICACION DE LOS AGREGADOS

La predosificación es la operación que asegura una alimentación continua y regular de la planta de asfalto. Los dispositivos de predosificación están constituidos normalmente por tolvas especiales, las cuales permiten una predosificación de tantos tipos de agregados como compartimientos halla. Vierten en paralelo o en serie, sobre una banda que transporta el cordón de materiales, no mezclados, pero en la proporción conveniente.

Las tolvas deben contener el material suficiente para asegurar un suministro continuo y uniforme. Cuando el agregado se selecciona en dos o más tamaños mezclados en proporciones convenientes, la predosificación asegura una alimentación de la planta en proporciones volumétricas constantes de los diferentes agregados. Esta operación continua tiene lugar tanto si la planta es continua como discontinua.

Las tolvas de materiales finos pueden equiparse de vibradores sobre sus paredes, teniendo como misión facilitar la evacuación de los agregados finos que tienen tendencia,

cuando están húmedos a formar una bóveda en la tolva; pero actúan además dando a la arena una verdadera fluidez; la intensidad de estos vibradores es regulable, teniendo una acción muy importante en el rendimiento.

Las tolvas predosificadoras son de diversos modelos. Existen unas que son fijas y otras móviles; el número de compartimientos es variable.

Si la cantidad de agregados de un tamaño de terminado que existen en las tolvas de almacenaje es insuficiente para una mezcla, la operación de mezclado se detiene automáticamente hasta que la tolva de la balanza recibe las cantidades exactamente necesarias de agregados de cada tamaño, momento en el que continúa automáticamente el ciclo de mezclado. Con estos controles automáticos es posible dosificar exactamente todos los tamaños de agregados.

Existen dos operaciones importantes, una antes y otra después del predosificado;

- a) El almacenaje.
 - b) La alimentación del material predosificado.
-
- a) Almacenaje.- La concentración de los agregados

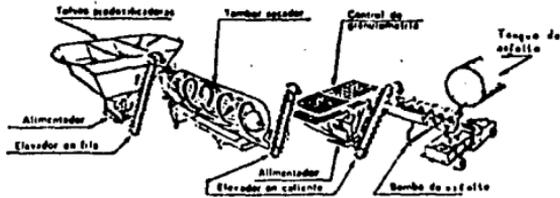


FIG. III-1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE ASFALTO CONTINUA.

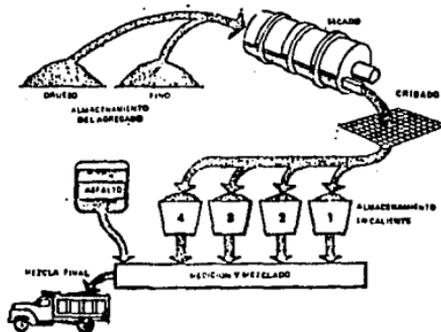


FIG. III-2 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE ASFALTO DISCONTINUA.

en los almacenes debe separarse para evitar la mezcla de los materiales. Esto puede conseguirse disponiendo de las tolvas netamente separadas o empleando los elementos necesarios para ello. El almacenaje debe ordenarse siempre en función de la disposición de la central de aglomerado, permitiendo una toma lo más económicamente posible.

Durante la preparación y manejo del almacenaje debe tenerse cuidado de evitar la degradación y segregación de los agregados. Estos peligros pueden evitarse tomando las precauciones necesarias al almacenar los agregados. Todas las tolvas deben contener material suficiente para asegurar un suministro continuo y uniforme. Excepto en tolvas muy grandes, no debe permitirse que ninguna de ellas llegue a contener menos de la mitad de su capacidad total, ni deben rebasar su capacidad de almacenaje.

Cuando los agregados se dejan caer desde cierta altura deben emplearse deflectores que eviten la segregación que se produce al caer los agregados gruesos en el lado más alejado, mientras que los finos se reúnen en el punto de caída.

Al permitirse el empleo de bulldozer sobre los montones de agregados, existe gran peligro de segregación y de gradación. la vibración del tractor puede dar lugar a que las partículas finas desciendan hacia el fondo, acumulándose

en una capa inferior. Cuando se emplea un cargador frontal debe advertirse que no se tome el material del almacenaje al nivel del suelo. Lacuchara debe mantenerse durante el llenado al menos 15 cm., sobre el terreno. Si se emplea como almacenamiento vagones, barcazas o camiones, debe tenerse cuidado en la forma de cargar y descargar para evitar la segregación.

Se debe disponer de áreas de almacenaje, planas, cerradas y bien drenadas; es indispensable que estas áreas sean abastecidas utilizando camiones dotados de un firme sólido, porque de otra manera, los neumáticos de los camiones llevan arcilla que se queda en el almacenaje, contaminando los agregados.

Las tolvas de entrada de agregados deben tener compuertas que puedan regularse y fijarse exactamente, situadas bajo las tolvas, de tal forma que aseguren su flujo uniforme de los agregados sobre los alimentadores.

b) Alimentación de agregados fríos. La alimentación de agregados fríos es uno de los puntos críticos en la producción de una planta de asfalto, para lo cual se cuenta con el alimentador de agregados fríos cargándose mediante uno de los tres siguientes métodos o una combinación de ellos:

1. Tolva descubierta con dos, tres o cuatro compartimientos, alimentados usualmente mediante una grúa de almeja o un cargador frontal.

2. Túnel situado bajo montones de materiales almacenados separados por muros.

3. Grandes tolvas, las cuales se alimentan usualmente mediante camiones descargadores de vagones o bolquetas que descargan directamente sobre las tolvas.

III.2. TIPOS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ALIMENTADORES

Existen varios tipos de alimentadores, entre los que figuran los de banda transportadora continua, los alternativos, el vibratorio y por gravedad. Generalmente se considera que los mejores tipos de alimentadores para agregados finos son el de banda transportadora y el vibratorio.

Es importante de que suministren al secador las cantidades exactas necesarias de cada tamaño de agregados al ritmo conveniente.

El cumplimiento de las condiciones siguientes asegura del mejor modo posible un flujo uniforme y agregados de los

los tamaños adecuados:

1.- Las tolvas deben tener agregados del tamaño conveniente.

2.- Debe evitarse la segregación (separación de gruesos y finos).

3.- Debe evitarse la mezcla de materiales almacenados.

4.- Las compuertas del alimentador deben ser exactamente calibradas, reguladas y fijadas.

5.- Las compuertas deben mantenerse libre de obstrucciones; accidentalmente, una piedra, un trozo de madera o raíz pueden obstruir la compuerta. El uso de una malla de gran abertura situada sobre las tolvas de alimentación en frío reducirá este peligro.

6.- No debe permitirse que la influencia del efecto bóveda sea apreciable en agregados finos. Puede evitarse este efecto empleando sobre los alimentadores tolvas con una pared vertical cuando menos mediante el empleo de vibradores en el exterior de las tolvas de agregados finos. Los vibradores deben montarse cerca de la boca de alimentación y de tal

forma que se detengan automáticamente al pararse el alimentador.

Una alimentación en frío adecuada y uniforme es esencial porque:

a) Una súbita introducción de arena húmeda puede dar lugar a un considerable cambio de temperatura en los agregados que salen del secador.

b) Un incremento repentino de la alimentación en frío puede sobrecargar las mallas dando lugar al arrastre de agregados finos a las tolvas de agregados gruesos.

c) Una alimentación irregular puede dar lugar a que algunas tolvas rebosen mientras que otras queden vacías.
Además:

El sistema de recolección de polvo puede resultar sobre cargado y el rendimiento del secador puede disminuir.

Los aparatos de predosificación necesitan una atenta vigilancia porque pueden desajustarse, y no es fácil darse cuenta de ello.

FIG. III-3
ALIMENTADOR EN FRIO

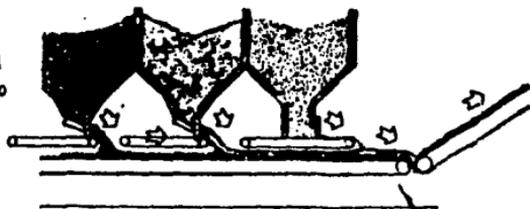


FIG. III-4
ALIMENTADOR DE
BANDA CONTINUA

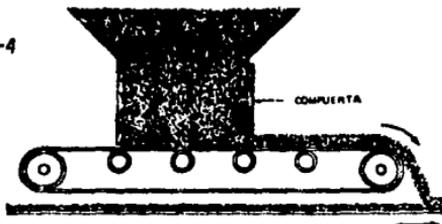
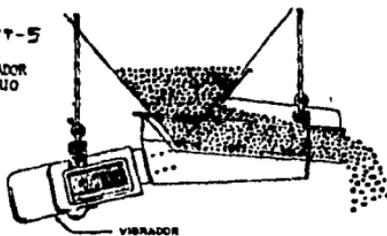


FIG. III-5
ALIMENTADOR
VIBRATORIO



Las causas más frecuentes de los defectos de funcionamiento son:

- la humedad de las arenas: uno de los agregados lleva a menudo una gran proporción de finos. En este caso, la compactación de la arena en una de las tolvas puede variar y como la dosificación es volumétrica, puede haber como consecuencia, variaciones importantes de los rendimientos relativos y absolutos. Es preciso en este caso, controlar el contenido de agua en el material y corregir, si hace falta el ajuste del dosificador.

- Los materiales pasan a través de un orificio calibrado, determinado por una trampilla regulable, dos chapas laterales y una base móvil (cajón, cinta, etc.). La dosificación depende de la sección del orificio. Si este varía por una u otra causa, el rendimiento varía igualmente. Dos son los motivos que pueden disminuir dicha sección:

- Una cierta colmatación de chapas verticales, por depósitos de materiales que secan y endurecen, y la presencia de cuerpos extraños en el agregado que, por su tamaño, puede obstruir el orificio (trozos de madera, guijarros, etc.).

Hay que limpiar frecuentemente las chapas y comprobar que el orificio esté libre.

Finalmente las trampillas pueden moverse como consecuencia de las trepidaciones y de los choques.

- La alimentación de los predosificadores se hace con un cargador frontal sobre neumáticos. Es evidente que todo el sistema de predosificación presupone que cada compartimiento no recibe más que un sólo material. Si la anchura de la cuchara de la pala es excesiva o si las máquinas de carga se conducen mal, hay transferencia de material a un compartimiento que no es el suyo, y la predosificación se altera. Hay que vigilar que las placas de separación de los compartimientos sean bastante altas y que la alimentación sea correcta.

- los controles afertados en los predosificadores deben ser frecuentes, y el ajuste debe hacerse de nuevo siempre que se tenga duda sobre el rendimiento.

III.3. SECADO Y CALENTADO DE LOS AGREGADOS

Para conseguir una buena mezcla, es indispensable que los agregados estén a una temperatura suficiente para que el asfalto no se enfríe bruscamente a su contacto, sino que quede fluido y se reparta por toda su superficie.

Por otra parte, para evitar la formación de espuma y proyecciones es necesario que los agregados estén deshidratados.

El calentamiento de los agregados tiene lugar en un tambor secador, el cual consiste en un largo tambor giratorio cilíndrico de acero, montado con un ligero ángulo sobre la horizontal, con el objeto de que el material vaya avanzando a través del secador. El agregado fido se introduce por el extremo superior y a medida que va descendiendo es removido y calentado por gases calientes que se desprenden de un quemador que seca y calienta el agregado hasta la temperatura deseada.

El tambor gira alrededor de su eje, con el fin de permitir a la vez el avance de los materiales y la uniformidad de la temperatura; está provisto de paletas o canales longitudinales que levantan los agregados y los deja caer en forma de cortina a través de la flama, y los gases calientes del quemador. Dispositivos especiales aseguran una caída regular de los agregados en la entrada para evitar el atascamiento.

La mayor parte de los secadores están proyectados para condiciones medias de humedad de los agregados. Estos muy húmedos, reducen la capacidad del secador y exigen medidas correctoras, como aumentar la cantidad de calor, quemando

más combustible mientras se mantiene constante el flujo de agregados o reducir el flujo de éstos.

Los agregados muy absorbentes pueden exigir período de secado más largos, que pueden lograrse reduciendo la inclinación del tambor del secado o disminuyendo su velocidad.

Por el extremo opuesto al de la entrada, es decir, por el más bajo se aplica una llama que es la destinada a producir la temperatura. Esta llama normalmente es producida por combustible diesel.

El secador debe estar equipado con unpirómetro eléctrico para que registre la temperatura de los agregados, fácilmente visibles para el operador del quemador. Este aparato es uno de los accesorios más importantes de la instalación y debe ser un instrumento exacto y de funcionamiento seguro. El elemento sensible del indicador de temperatura debe tener un revestimiento protector suficientemente sólido para protegerlo del desgaste producido por los agregados.

Los instrumentos para medición de la temperatura deben comprobarse frecuentemente. Una forma sencilla de hacerlo es colocar el elemento sensible, juntamente con un termómetro exacto, en un baño de aceite o asfalto, que se calienta,

haciendo lecturas comparativas en ambos aparatos. Estas lecturas deben hacerse a temperaturas inferiores, iguales o superiores a las previsibles durante el funcionamiento de la instalación.

El exceso de calentamiento de los agregados puede perjudicar el asfalto durante el mezclado. Si el calentamiento es insuficiente resulta difícil envolver los agregados y extender la mezcla.

Por lo general el secador es la llave de la planta, su capacidad controla la producción del equipo. La pendiente del cilindro, su velocidad de giro, su diámetro y la disposición y número de paletas influyen en el tiempo necesario para el paso de los agregados a través del secador.

En el interior del secador se produce una acción tan importante como el calentamiento de los agregados que es el arrastre del polvo que entra mezclando con estos y que ensucia la cara de los gruesos. Este arrastre viene facilitando por la acción del secado y por el tiro producido por un ventilador. Estos elementos finos son importantes para la calidad, de los aglomerados y peligrosos cuando se le arroja a la atmósfera, existen, por lo tanto a la salida de los gases del secador, un colector de polvos.

III.4. COLECTOR DE POLVO POR VIA HUMEDA

El ventilador o ventiladores del colector de polvo producen el tiro que hace pasar la llama y gases calientes a través del secador. La corriente de aire del tiro arrastra también las partículas de polvo del secador y otras partes de la instalación.

Este polvo penetra en el colector húmedo por su parte periférica superior en forma de torbellino. Las partículas más pesadas son separadas por la fuerza centrífuga, se reúnen sobre las paredes del colector y caen al fondo. El polvo más fino puede mantenerse en suspensión y ser arrastrado por el aire a través de la chimenea.

Los finos del agregado son costosos si el material recogido cumple las especificaciones, parte de él o su totalidad puede hacerse volver a la instalación para incluirlo en la mezcla. Los procedimientos son variados, pero para la eliminación primaria de polvo, el procedimiento más extendido consiste en utilizar ciclones, depósitos metálicos en los que los gases siguen una trayectoria helicoidal ascendente que proyecta el polvo contra las paredes. Los finos caen en la base del ciclón desde donde se recogen de nuevo por medio de un transportador de tornillo sin fin. Estos ciclones o

recuperadores en seco se colocan en forma de tubos de órgano a la salida del secador. Si el polvo recogido es insatisfactorio, o las especificaciones de la mezcla lo prohíben, se extrae del fondo del colector y se tira.

El problema de la eliminación del polvo tiene actualmente gran importancia dentro de las emprendidas para luchar contra la contaminación atmosférica.

Las mallas deben vigilarse mucho con el fin de descubrir los desgastes, que harían la operación completamente inútil. Si el área de cribado eficaz se reduce por la obstrucción de las aberturas, o si se vierte sobre ellos más material del conveniente, el resultado usual es el arrastre de unos tamaños por otros.

El excesivo desgaste de alambre de las mallas da lugar a aberturas ensanchadas y a que las tolvas correspondientes contengan material de tamaño excesivo. En algunos casos puede mejorarse el rendimiento del cribado empleando mallas formadas por alambre de pequeño diámetro o aberturas en forma diferente.

La distribución uniforme de los agregados sobre la anchura de la malla y el empleo de vibradores (especialmente

en la malla para arena) para disminuir la obstrucción de los oficios, también aumentan el rendimiento.

III.5. CRIBAS PARA AGREGADOS CALIENTES

Los agregados procedentes del secador se entregan a las cribas del material en caliente montados sobre las tolvas de la instalación. La función de estas cribas es separar adecuadamente los agregados en los tamaños especificados y reconstruir una mezcla, perfectamente dosificada, para realizar en forma adecuada a su función. La superficie de las cribas, debe ser suficientemente grande para admitir la alimentación máxima previsible. Se trata por lo tanto de rehacer sobre los agregados secos lo que el predosificador había hecho sobre los agregados húmedos. Cada tamaño de agregado deberá descargarse dentro de una tolva separada, constituida en forma de que no pueda mezclarse un tamaño con otro.

El control de granulometría clásica se compone de una criba vibrante de 3 ó 4 mallas y de tolvas de almacenamiento para cada fracción de agregado.

La primera malla, llamada de rechazo, sirve para separar el agregado cuyo tamaño exceda al máximo tolerado. La última malla separa la arena del resto. Finalmente, puede

existir una o dos mallas intermedias.

Las cisternas de almacenaje de la planta tienen un sistema de retroalimentación con el objeto de mantener el cemento asfáltico a la temperatura requerida. Es de fundamental importancia hacer notar que la viscosidad del cemento asfáltico al momento de hacer la mezcla es determinante para obtener óptima liga con los agregados.

III.6. TOLVAS DE MATERIAL CALIENTE

Estas tolvas contienen los agregados calientes y clasificados en las diversas fracciones granulométricas exigidas. Sus separaciones deben ser herméticas, sin orificios y de altura suficiente para impedir la mezcla de los agregados de distintos tipos.

En las plantas continuas, a la salida del control de granulometría o el elevador en caliente conduce los agregados a una tolva intermedia. Esta va provista en su base de un extractor de banda y de una trampilla de altura regulable. El extractor envía los materiales directamente al mezclador. Esta tolva funciona con el mismo principio que la tolva predosificadora y se regula volumétricamente.

en el caso de plantas discontinuas los agregados que provienen del tambor secador o del control de granulometría, se almacenan en una o varias tolvas intermedias. Estas tolvas están provistas en su base de un dispositivo de abertura en general de compuerta móvil, que permite verter el agregado en un depósito de pesaje. Al peso de los agregados se le controla desde la cabina de controles.

III.7. DEPOSITOS Y SUMINISTROS DEL CEMENTO ASFALTICO

El cemento asfáltico se almacena en depósitos fijos o móviles, según sea el tipo de planta. Los depósitos móviles alcanzan capacidades de 80,000 litros. El cemento asfáltico se suministra en caliente por medio de camiones cisterna (pipas) procedentes de las refinerías.

Las cisternas de almacenaje de la planta tienen un sistema de termocalentamiento con el objeto de mantener el cemento asfáltico a la temperatura requerida. Es de fundamental importancia hacer notar que la viscosidad del cemento asfáltico al momento de hacer la mezcla es determinante para obtener óptima liga con los agregados. Se recomienda hacer la mezcla a una temperatura entre 120 y 140°C.

El calentamiento se lleva, generalmente, a cabo por medio de circulación de aceite térmico. La fosa lleva una caldera que calienta el aceite por medio de quemadores de diesel.

El aceite es de origen mineral especial estable hasta los 300°C. Siendo, en general, de 200 °C la temperatura máxima para el cemento asfáltico.

El cemento asfáltico se descarga por medio de una bomba volumétrica rotativa de 20 a 30 m³/H. Según la capacidad de las plantas de asfalto. Los circuitos de cemento asfáltico entre las cisternas y el tambor mezclador son conductos flexibles o rígidos calorificados o encamisados.

En principio, el cemento asfáltico circula permanentemente entre el tambor mezclador y la cisterna con retorno automático en caso de parada de la planta con el fin de mantenerlo permanentemente a la temperatura deseada.

En el caso de parada prolongada, la temperatura en la fosa se mantiene gracias a un haz de tubos auxiliares colocados en el fondo de la cisterna.

III.8. MEZCLADO

La mezcla consiste en revolver lo más posible el asfalto con los agregados. Consiste también en homogeneizar el agregado que, resultante de un control de granulometría, lleva componentes segregados.

La operación se hace removiendo mecánicamente los materiales el tiempo necesario en un mezclador fijado en el piso de la plataforma de mezclado directamente debajo de la tolva de pesaje del agregado. Consiste en una caja rectangular de acero, con fondo aproximadamente semicilíndrico.

Se compone de ejes gemelos con paletas que mezclan los ingredientes de cada amasada en forma homogénea. sus partes principales son las cabezas y barras de las paletas, el encamisado, los ejes, la compuerta de descarga y la envuelta de calefacción, para que el funcionamiento sea satisfactorio todos los elementos del mezclador deben encontrarse en estado mecánicamente satisfactorio y adecuadamente ajustados.

La holgura entre las cabezas de las paletas y el encamisado interior depende del máximo tamaño de los agregados y normalmente será inferior a su mitad. Cuando el desgaste es excesivo la holgura se hace tan grande que pueden aparecer

puntos en los que el material no se mezcla perfectamente.

La solución es sustituir el encamisado y las cabezas cuando es necesario.

Si el mezclador está excesivamente lleno puede producirse una mezcla no homogénea. Se obtiene el mejor rendimiento cuando los extremos de las paletas apenas son visibles durante el mezclado, sobre el material en el extremo superior de su recorrido. Por otra parte, si el mezclador está insuficientemente lleno tampoco se logrará un mezclado adecuado, porque no existirá material suficiente para que las paletas lo hagan circular de la forma deseada.

No se producirá un mezclado uniforme si los agregados y el asfalto no están uniformemente distribuidos en la mezcla. La distribución de los finos depende del orden de descarga de las tolvas. El mal funcionamiento del sistema de distribución del asfalto dará lugar a una distribución irregular del mismo. Tanto uno como otro defecto se harán evidentes por inspección visual o mediante ensayos realizados sobre el producto terminado. En estos casos puede ser necesario un aumento del tiempo de mezclado en seco para conseguir una distribución uniforme de todos los tamaños en el mezclador.

Otro tipo de mezclador consiste en un tambor o cilindro horizontal giratorio. El agregado una vez pesado se carga a través de una abertura mientras que el cilindro se encuentra inmóvil y después de ello se cierra colocando en su lugar una tapa hermética. Cuando el mezclador está en movimiento el agregado es removido por una serie de cuchillas u hojas acopladas a la cara interior del cilindro. Pesado el asfalto, es inyectado bajo presión a través de una barrera distribuidora.

En el caso de las plantas discontinuas la mezcla cae en el mezclador, donde sufre un batido en seco, de manera que homogenice el agregado y, en particular, disperse y recalciente el filler adicional, luego se inyecta el cemento asfáltico.

En el caso de plantas continuas, se puede repartir el cemento asfáltico en el extremo del mezclador, dejando que se produzca un mezclado en seco en la entrada del mezclador, o por el contrario, pulverizar el cemento asfáltico sobre los materiales durante su caída al mezclador, ya que entonces están muy dispersos y ofrecen una gran superficie sobre la que el cemento asfáltico puede adherirse.

El tiempo de mezclado debe ser el más corto, compatible con una distribución uniforme de los tamaños de los agregados y un revestimiento uniforme de sus partículas con cemento asfáltico. La velocidad de los ejes del mezclador y la disposición y ángulo de las paletas son factores que influyen en el rendimiento del mezclador.

La presión del mezclado varía con la altura o peso del material contenido en el mezclador, que puede regularse mediante la compuerta de salida. La altura del material en el mezclador continuo no debe superar la de los extremos de las paletas.

Para mejorar el mezclador puede ser deseable hacer las siguientes correcciones:

- 1.- Elevar la compuerta en el extremo de salida del mezclador para mantener el material en el período de tiempo más largo, con un espesor que intensifique aún más la acción del mezclado.

- 2.- Regular o invertir la inclinación de las paletas para retardar el movimiento del material en el tambor, aumentando el grado de mezclado conseguido.

Una vez pesado el agregado, se carga a través de una abertura mientras que el cilindro se encuentra inmóvil y después de ello se cierra colocando en su lugar una tapa hermética. Cuando la mezcladora está en movimiento el agregado es removido por una serie de cuchillas u hojas acopladas a la cara interior del cilindro. Pesado el cemento asfáltico es inyectado bajo presión a través de una barra distribidora.

III.9. ALMACENAMIENTO

Muchas plantas modernas de alfalto cuentan con tolvas compensadoras o de almacenamiento conectadas a la misma por sistemas de transporte. Las tolvas compensadoras permiten mantener la mezcla por periodos de tiempo relativamente cortos. Generalmente no están aisladas por cuanto se presume de un tiempo de permanencia de sólo dos o tres horas. Los cilos de almacenamiento son similares a las anteriores excepto que están aislados para poder almacenar la mezcla por periodos más largos.

Estos cilos, generalmente son cilíndricos con una sección cónica en la base. Hay muchos sistemas de transporte en uso, como son: cintas transportadoras, elevadores de conglutones, montacargas por vía inclinada, transportador de tornillos, sin fin y transportador de tablillas.

Los sistemas compensadores tienen ciertos beneficios porque minimizan las paradas y puestas en marcha de la planta. Con una planta operando con más continuidad se reduce la heterogeneidad de la mezcla y la temperatura de arranque y de parada. También se minimiza la emisión extra de aire contaminado al poner en funcionamiento la planta. Al trabajar continuamente durante las horas normales de trabajo, y no sólo cuando hay camiones disponibles para ser cargados, se incrementa la productividad.

Las mezclas para pavimentación deberán ser transportadas desde la planta a la obra en vehículos con fondos metálicos, que se habrán limpiado previamente, de tal manera que no contaminen la mezcla asfáltica. El transporte de las mezclas se desarrollará con más detalle en otro capítulo.

Resumiendo, tenemos que las mezclas para carpetas asfálticas deben ser lo suficientemente estables con el objeto de que no se vuelvan rugosas o vayan a presentar ondulaciones por la acción del tránsito a los efectos del frenado del mismo. La estabilidad de la carpeta asfáltica se debe a la combinación de dos cualidades que están presentes en todas las mezclas asfálticas, la fricción y la cohesión. Sin embargo, se encuentran más relacionadas a la fricción que a la cohesión, aunque esta última juega parte importante en ciertos casos.

Cierta cantidad de cohesión es necesaria a fin de que el pavimento trabaje satisfactoriamente. Toda carpeta asfáltica requiere de cierta cantidad de tránsito o de acción de amasado para que impida que el cemento asfáltico se mueva y por lo tanto prolongar la duración de la carpeta asfáltica. La acción continua de amasado causado por el tránsito tiende a remezclar los materiales y a conservar varios en su estado original. Es muy importante en el diseño de carpetas asfálticas, recomendar el cemento asfáltico adecuado según el clima de la región y los materiales a emplear. El grado de penetración del cemento asfáltico es fundamental también en dicho diseño.

CAPITULO IV. EQUIPO DE TRANSPORTE Y COLOCACION

VI.1 GENERALIDADES

Antes de comenzar las operaciones de pavimentación, se deberá hacer una inspección cuidadosa de todo el equipo que se va a usar. Las especificaciones generalmente requieren que el equipo esté en buenas condiciones mecánicas, correctamente ajustado y sin desgaste lo cual perjudicaría la calidad del trabajo.

El conocimiento de los ajustes y la operación del equipo es importante para el inspector. No supondrá, ni esperará en realidad que el mantenimiento y operación apropiada del equipo sea obligación del operador, sino que es responsabilidad del contratista. De cualquier modo, es útil para un inspector competente detectar, por irregularidades en el trabajo, si el equipo no está funcionando como debiera.

IV.2. EQUIPO DE COLOCACION

- LA PETROLIZADORA

La petrolizadora, usada en los riegos de imprimación,

de liga y de niebla, consiste de un camión o carro de remolque, en el cual se monta un tanque aislado con sistema de calentamiento, usualmente un quemador de petróleo. El conducto del sistema de calentamiento pasa a través del tanque para el calentamiento del asfalto.

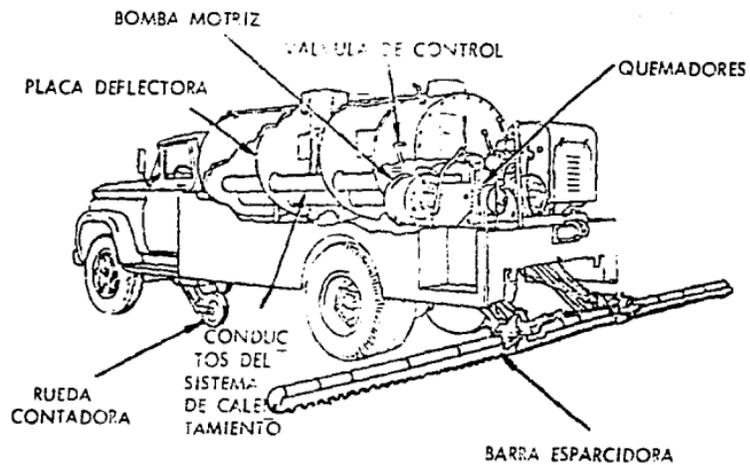
La barra esparcidora se suministra con una bomba motriz, diseñada para manejar desde productos ligeros, rebajados asfálticos fríos y cementos asfálticos viscosos calentados a la viscosidad de regado. (Fig. IV.1)

- LA MOTOCONFORMADORA

Cuando se elige la motoconformadora para extender la mezcla asfáltica de planta, deben comprobarse cuidadosamente ciertos detalles antes de usarla. Entre los principales tenemos la hoja, el sistema de suspensión de la hoja, y el mecanismo de control.

El borde cortante de la hoja puede verificarse visualmente o más exactamente estirando una cuerda o un alambre sobre el borde, o por medio de una regla a todo lo largo de la hoja. El borde de la hoja debe ser recto completamente, y preferiblemente afilado, de otra manera el extendido quedará abombado o combado.

Figura 1:1 Petrolizadora



La hoja será lo suficientemente larga para asegurar el terminado con ciertas tolerancias transversales. Normalmente se usan hojas de 12 ó 13 pies (3.66 ó 3.97 m).

Las motoconformadoras usadas para extender mezcla asfáltica de planta, serán lo bastante pesadas para apoyar firme y uniformemente la hoja sobre la superficie. Su motor será lo suficientemente para propulsar a la máquina sin esfuerzo o sin atascarse cuando extienda la mezcla, y la distancia entre sus ejes será lo bastante grande para permitir el desbastado cercano a las tolerancias longitudinales.

- EQUIPO PARA ACAMELLONAR

Es útil que el camellón tenga una sección constante con el objeto de lograr un proporcionamiento correcto. El inspector y el operador deberán estar familiarizados con los ajustes de los escantillones cerrados, aparejadores, o extendedoras remolcadas por camión que se usan para colocar la cantidad requerida de mezcla. Los dispositivos para el remolque y las conexiones del camión deberán revisarse.

- LA PAVIMENTADORA

El funcionamiento apropiado de la pavimentadora es un factor muy importante en la operación de la pavimentación.

El inspector, el operador y todo el personal del contratista implicados en la pavimentación, deberán estar familiarizados a fondo con su diseño básico, construcción y sus principios de operación. Tal conocimiento capacitará al inspector, al superintendente, y al operador saber cuando no está haciendo su mejor trabajo. Por lo tanto, algunas pavimentadoras de las más comúnmente usadas son las siguientes:

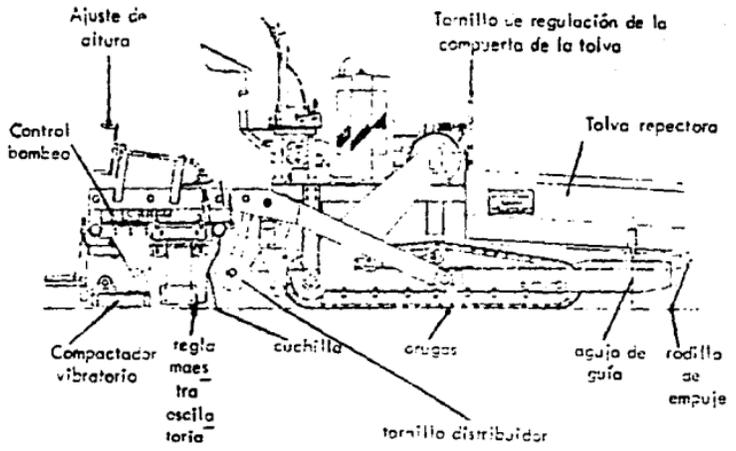
1. La pavimentadora Barber-Greene
2. La pavimentadora Blaw-Knox
3. La pavimentadora BLH
4. La pavimentadora Cedarapids
5. La pavimentadora Pioneer

Se recomienda que el inspector y el personal del contratista estudien y tengan a la mano el manual de operaciones y las especificaciones de la pavimentadora que se va a usar. (Fig. IV.2)

IV.3. RODILLOS Y EQUIPO PARA ACARREO

Inspección de los Rodillos. La compactación adecuada es un factor muy importante de la operación de pavimentación. Existen muchos tipos de compactadores, tales como las zapatas vibratorias, rodillos de ruedas de acero, rodillos de llantas neumáticas, y rodillos vibratorios, pero solo los tipos más

Figura 14-2
Detalle de la pavimentadora Pioneer modelo
de la unidad maestra.



comúnmente usados son los siguientes:

1. Rodillos de ruedas de acero
2. Rodillos de llantas neumáticas
3. Rodillos vibratorios
4. Rodillos combinados de ruedas de acero y llantas neumáticas
5. Rodillos combinados de ruedas de acero y vibratorios.

Todos los rodillos propuestos para un trabajo determinado se inspeccionarán de acuerdo con las especificaciones del proyecto antes de comenzar la pavimentación. Cuando sea posible, lo siguiente deberá verificarse en todos los rodillos:

- a) Peso total
- b) Peso por pulgada de anchura (rodillos de ruedas de acero)
- c) Presión media de contacto, en Libras por pulgada cuadrada (rodillo de llanta neumática)
- d) Condiciones mecánicas, especialmente que el arranque, el alto y la reversa sean suaves.
- e) Dirección precisa.

RODILLOS DE ACERO: los rodillos de acero básicamente

son de dos tipos: tres ruedas y tándem (dos ejes, tres ejes).

En todos los rodillos de acero se deberá comprobar el desgaste de los bordes de las ruedas. Para este fin se usará una regla metálica de bordes afilados. Si la superficie del rodillo tiene ranuras o está picada, no se deberá usar.

RODILLOS DE LLANTAS NEUMATICAS. Existen dos tipos de rodillos de llantas neumáticas: el tándem autopulsado y el tipo remolcado.

RODILLOS VIBRATORIOS. Los rodillos vibratorios son fabricados con una o dos ruedas de acero de superficie lisa, con un diámetro de tres a cinco pies (0.92 a 1.53 m) y de cuatro a seis pies (1.22 a 1.83 m) de ancho.

RODILLOS COMBINADOS. Además de los rodillos tándem de tres ejes con el tercer rodillo vibratorio, existen combinaciones de rodillos de ruedas de acero y llantas neumáticas. Hay también un rodillo de tres ruedas de acero con vibradores tipo zapata. (Fig. IV.3.)

INSPECCION DEL EQUIPO DE ACARREO

El punto principal de inspección del equipo es el estado del fondo y de la caja del camión que va a transportar

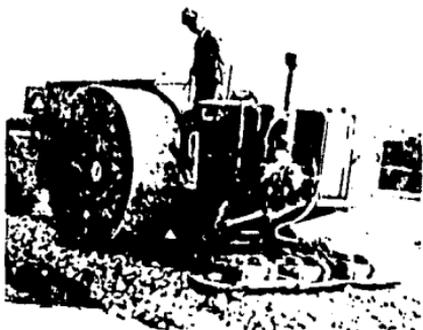


Figura IV-3. Combinación de rodillo de ruedas de acero y compactador vibratorio tipo zapata.

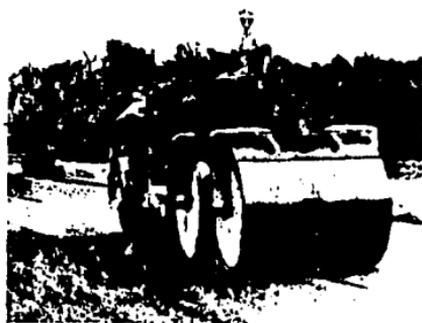


Figura IV-3. Rodillo de ruedas de acero, tándem de tres ejes.

la mezcla asfáltica. Todas las superficies de contacto deberán ser lisas y limpias, sin grietas, agujeros o abolladuras.

Se deberá llegar a un convenio sobre el método de recubrir las superficies de contacto de la caja del camión, y sobre el uso de medios aislantes. Se recomienda usar agua de cal suave y solución de jabón o de detergente para cubrir la caja. Después de que la solución se haya colocado, ya sea por brocha o por rociado, la caja se elevará para drenar el exceso. No se permitirá el uso de aceites o grasas. La selección de la cubierta para los camiones de acarreo se deberá basar en la temperatura ambiente, en las condiciones del viento, en el período de tiempo que la mezcla va a permanecer en el camión, y en cualquier otro factor que provoque el enfriamiento de la mezcla en el camión.

Para acarreos cortos, en tiempo caluroso, usualmente sólo es necesario una lona. En tiempo frío, o para acarreos largos, es necesario aislar por entero el área de contacto y la cubierta.

Se deberá comprobar que no exista contacto directo entre la estructura del camión y la pavimentadora, y que la caja no se apoye en la pavimentadora durante la operación de volteo. Se obtendrá un pavimento de superficie áspera si sucede cualquiera de las condiciones antes mencionadas.

INSPECCION DE HERRAMIENTAS INCIDENTALES

Se deben disponer las herramientas manuales adecuadas, además del equipo necesario para limpiarlas y calentarlas, antes de comenzar la pavimentación. Se deberá inspeccionar las condiciones de todo el equipo incidental para hacer el trabajo deseado. Este equipo incluye:

1. Rastrillos
2. Palos
3. Enrasadores
4. Calentador de herramientas
5. Equipo de limpieza
6. Pisones manuales
7. Compactadores vibratorios mecánicos pequeños, si existen áreas considerables que puedan requerir apisonado.
8. Bloques y calzas para apoyar la regla maestra de la pavimentadora al comenzar la operación.
9. Cuerdas, lonas y madera para la construcción de juntas al final de cada tramo.
10. Herramienta para cortar juntas y para pintar.
11. Regla.

CAPITULO V.
PROCEDIMIENTOS DE TENDIDO

V.I. GENERALIDADES:

Antes de comenzar la pavimentación, el sobrestante deberá asegurarse de que se han llevado a cabo todos los preparativos e inspecciones necesarias. Incluyendo los siguientes puntos:

1. Preparación correcta de la base
2. Programa para la ejecución del trabajo
3. Balance apropiado entre la capacidad de la planta, medios de acarreo, equipo de Tendido (motoconformadoras y pavimentadoras), y equipo de compactación.
4. Buenas condiciones y ajuste correcto a todo el equipo.
5. Proveer el pesado de la mezcla.

Uno de los trabajos rutinarios del sobrestante es recoger las remisiones del peso del material a los choferes en la obra. Aquí es donde se puede asegurar por él mismo que el material se incorpora al trabajo. Un registro cuidadoso de todas las remisiones elimina la posibilidad de que cualquier

carga se extravíe. También, se puede hacer una verificación con el registro de la planta sobre el tonelaje total del día. Es obligación y responsabilidad del sobrestante recoger personalmente todas las remisiones de los choferes. No deberá permitir a ninguna otra persona recogerlas, a menos que le sea necesario ausentarse de la obra por períodos cortos.

Otro trabajo que va aparejado con el de las remisiones es verificar, de vez en cuando, el tendido promedio de las cargas. Esto se puede hacer fácilmente conociendo la cantidad especificada de material en libras por pié lineal o en toneladas por distancia acumulada y el peso neto del material asfáltico registrado en las remisiones. Esto es de gran importancia en caso de que el concreto asfáltico se coloque en un acamellonador antes del tendido, en vez de descargarlo directamente en la pavimentadora. Incluso con la pavimentadora, sin embargo se deberá hacer una comprobación frecuente del tendido, especialmente cuando se coloquen capas de liga o de nivelación. Solo con este conocimiento y observando que la mezcla se coloque en dicha cantidad, el sobrestante podrá estar seguro de que no rebasará la cantidad convenida.

INSPECCION DE LA MEZCLA

Es esencial la cooperación estrecha entre el sobrestante de la obra y el personal de la planta para asegurar

un trabajo satisfactorio y uniforme. Se establecerán los medios de comunicación apropiados entre ellos para que cualquier cambio en la mezcla lo hagan con prontitud. Cuando sea posible los sobrestantes, tanto el de la obra como el de la planta, intercambiarán visitas. Si el sobrestante de la obra esta familiarizado con las operaciones de la planta, podrá fácilmente determinar los cambios que requiere para mejorar la mezcla. Por su parte, el sobrestante de la planta si esta familiarizado con las operaciones de pavimentación, podrá entender mejor los problemas del sobrestante de la obra.

El inspector de la obra observará cada camionada de material que llegue. Tomará la temperatura de la mezcla regularmente; con una verificación frecuente en un camión al cual se le haya tomado la temperatura en la planta. La mezcla no deberá usarse si la temperatura no está dentro de la tolerancia especificada.

Pueden ocurrir errores en el pesado, en el mezclado y en el control de la temperatura, y el sobrestante de la planta puede pasarlos por alto porque frecuentemente estará ocupado en otras cosas.

Consecuentemente, el material que llegue puede no ser satisfactorio. Cuando el inspector de la obra rechaze un material, deberá registrar sus razones tanto en la remisión

como en su registro diario para hacer la deducción de los pagos. Si lo considera apropiado, se tomará una muestra para las pruebas de laboratorio. Se deberá llevar también un registro de los volúmenes de material aceptados y colocados. El registro del inspector de la obra deberá verificarse diariamente, o tan frecuentemente como sea posible, con las del sobrestante de la planta de tal manera que no haya discrepancias cuando se termine el trabajo.

DEFICIENCIAS EN LA MEZCLA

Algunas de las deficiencias que pueden ocasionar el rechace de una camionada de mezcla son las siguientes:

1. Mezcla demasiado caliente. Los humos azules provenientes de la mezcla en el camión o en la tolva de la extendedora, usualmente indican que la bacha esta sobrecalentada y se deberá comprobar inmediatamente la temperatura. La bacha se descartará si la temperatura excede del máximo especificado. Es práctica común y aceptable no descartar una bacha si excede la temperatura óptima de tendido pero sin exceder el límite especificado, en tales casos inmediatamente se tomarán las medidas necesarias para corregir esta condición.

2. Mezcla demasiado fría. Una apariencia muy consistente o un recubrimiento incompleto de las partículas más

grandes de agregado, indican que la mezcla esta fría, y la temperatura se comprobará inmediatamente. Se descartará si está abajo de los requisitos especificados. Si esta abajo de la temperatura óptima de tendido pero dentro del rango especificado inmediatamente se colocará para corregir esta anomalía.

3. Mezcla con exceso de asfalto. Cuando se ha descargado la mezcla en la extendidora formando una pila y la parte superior tiende a extenderse puede que dicha mezcla contenga demasiado asfalto y se deberá de hacer inmediato una inspección minuciosa. El exceso de asfalto también puede determinarse por la manera como se alisa la mezcla bajo la regla maestra.

4. Mezcla con poco asfalto. Una mezcla que contenga poco asfalto, generalmente puede detectarse inmediatamente en el camión o en la tolva de la extendidora debido a su inclinación, a su apariencia granular, a la falta de recubrimiento del agregado, y a la falta del típico lustre negro brillante. La falta de asfalto en la mezcla puede determinarse en el camino por su apariencia pobre y café mate en la superficie, y por la dificultad de compactación.

5. Mezclado no uniforme. En el camión algunas veces se puede determinar si una bacha esta mal mezclada. Muchas

veces se nota hasta que ha pasado por la pavimentación. Una mezcla no uniforme se notará porque el material presenta zonas pobres, café y de apariencia mate mezcladas con áreas de apariencia lustrosa.

6. Mezcla con exceso de agregado grueso. Una mezcla con exceso de agregado grueso puede tomarse erróneamente como si tuviera demasiado asfalto, debido a que presentan la misma apariencia. Esta circunstancia puede determinarse por la falta de manejabilidad de la mezcla y su apariencia áspera sobre el camino.

7. Mezcla con exceso de agregado fino. El exceso de agregado fino puede causar que una mezcla tenga apariencia pobre y café mate tal como sucede con una mezcla con poco asfalto. Se puede determinar por la diferencia en textura con una mezcla bien graduada y por su comportamiento en el momento de compactarla.

8. Mezcla con exceso de humedad. Puede observarse si existe humedad en una mezcla por el vapor que asciende cuando dicha mezcla se descarga en la tolva de la pavimentadora. Si una mezcla está caliente puede burbujear y crepitar como si estuviera en ebullición. La mezcla también puede dar la apariencia de que contiene demasiado asfalto.

9. Segregación. La segregación de los agregados en la mezcla puede ocurrir por manejo incorrecto y puede bastar para justificar la devolución.

10. Contaminación. Las mezclas se pueden contaminar por múltiples motivos. La contaminación puede removerse sino está muy extendida. La contaminación puede causarse por derrames de gasolina, Kerosina o aceite, por trozos de trapo o papel en la mezcla o en general por basura y escombros introducidos antes o después del mezclado.

V.2. TENDIDO CON MOTOCONFORMADORA

Debido a que todas las capas de la estructura del pavimento para las altas velocidades del tránsito actual requieren de una norma de tersura, con frecuencia se usan motoconformadoras de gran distancia entre ejes para extender mezclas de plantas calientes o frías para carpetas de nivelación. En el tendido de carpetas de nivelación con motoconformadora, la ventaja principal proporcionada por la gran distancia entre ejes, es la eliminación de protuberancias excesivas, de depresiones y de irregularidades de la subrasante o del pavimento viejo sobre el que se va a colocar la mezcla nueva. Otro beneficio que se obtiene al tender capas de nivelación con motoconformadora es la textura aspera de la carpeta.

El material remanente en el cumellón que ha sido tendido con la cuchilla consistirá de partículas gruesas, que normalmente se compactan completamente, dando por resultado que la superficie de la carpeta de nivelación tenga una textura mucho más áspera que aquellas tendidas con pavimentadora. Esta textura áspera no es conveniente, ya que proporciona una superficie que reduce al mínimo la posibilidad de que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la carpeta de nivelación y la carpeta de rodamiento.

Algunas veces, es de gran ayuda una extensión sobre la cuchilla de la motoconformadora. Permitirá que la cuchilla arrastre mayor cantidad de material en los extremos y dejará una altura constante de material a todo lo ancho sin desperdicios ni segregación.

Al tender una mezcla asfáltica de planta con motoconformadora, es necesario un rodillo para compactar la mezcla inmediatamente. Es preferible usar un rodillo neumático para este tipo de operación. Con cada pasada de la motoconformadora deberá seguir inmediatamente detrás el rodillo neumático para compactar el material que se extiende. Esta operación se llevará adelante hasta alcanzar la configuración deseada. Si el operador de la motoconformadora manipula correctamente los controles, colocara mayor cantidad de material en las

depresiones y menor en las protuberancias y el rodillo inmediatamente detrás compactará este material, armando gradualmente el plano liso y firme sobre el que se colocará la carpeta sucesiva.

Existen dos métodos de colocar una carpeta de nivelación con motoconformadora que conducen a resultados satisfactorios. El primero consiste en colocar la mezcla asfáltica en forma de camellón trapezoidal, el cual se manipula con la motoconformadora en la forma normal. Con este método, la motoconformadora puede hacer muchas pasadas, tomando el material del camellón y arrastrándolo por la rasante hasta lograr el tendido final.

El segundo método consiste en utilizar un acamellonador que coloque el material suelto con una altura de cuatro a ocho pulgadas (10.2 a 20.3 cm) y de seis a ocho pies (1.83 a 2.44 m) de ancho. Cuando se coloca el material de esta forma, se puede ajustar un alero en un extremo de la cuchilla, permitiéndole al operador usarla como escuadra. En este método, se debe tener gran cuidado de que la cuchilla no se eleve o se baje demasiado aprisa al incrementar o disminuir la carga. También, se debe tener cuidado de no trabajar con demasiada carga.

Ambos métodos descritos anteriormente pueden dar

resultados satisfactorios. Pero se requieren operadores expertos para mejores resultados; y atención constante a la mano de obra. Como en el caso de cualquier obra donde se usa la motoconformadora, la manipulación excesiva de los controles dará por resultado una carpeta de calidad inferior. Es muy importante que el operador atienda este punto, especialmente al colocar una capa de nivelación con mezcla asfáltica. Solo los operadores más experimentados deberán usar la motoconformadora para extender mezclas asfálticas.

Cuando se use cuchilla de control automático en la motoconformadora, se sostiene la hoja con la inclinación transversal establecida en la curátula sin tener en cuenta el terreno y la posición de la motoconformadora. Usando una cuerda o un alambre, colocado en un extremo de la cuchilla, el operador estará en condiciones de mantener la alineación longitudinal precisa, mientras el control automático sostiene a la cuchilla para obtener la sección transversal apropiada.

Al extender una mezcla en carpeta de nivelación con motoconformadora es esencial colocar la cantidad requerida de mezcla en cada sitio de trabajo para que no se tenga un exceso muy grande de material de desperdicio.

La motoconformadora no está diseñada para acarrear cantidades considerables de mezcla longitudinalmente por grandes

distancias. Su función principal es la de extender la cantidad requerida lateralmente, moviéndose longitudinalmente solo lo suficiente para corregir irregularidades. El método más simplificado para estimar la cantidad de mezcla requerida por sitio de trabajo es el que sigue:

Se usa una cuerda tensa para localizar los puntos más altos que existan en la superficie del pavimento. Se marcan y se colocan estacas a un lado del camino usando un nivel de carpintero y una regla o una cuerda para nivelar. Después de colocar las estacas suficientes se traza una línea sobre los puntos marcados. Se deberán colocar estacas intermedias para evitar que la cuerda se pandee. Luego, dirigiendo la vista hacia la cuerda sujeta a las estacas se puede observar los cambios de perfil. Cuando la cuerda está nivelada satisfactoriamente se puede determinar la altura mínima constante para cubrir los sitios más altos, fijando a h la altura de la capa de nivelación.

Las rasantes se deberán colocar a ambos lados del camino, para este propósito es muy útil una cuerda tensa. Después de colocar las rasantes se pueden hacer todas las medidas convenientes en la superficie existente para calcular la cantidad de material requerida para la carpeta de nivelación con el peralte deseado.

Si el tiempo lo permite se puede hacer un cálculo de la cantidad de mezcla requerida para cada sitio de trabajo con mayor aproximación por medio de los niveles.

V.3. CUÑAS DE NIVELACION

Las cuñas de nivelación consisten en reparaciones con mezclas asfálticas de planta de hundimientos y depresiones en pavimentos viejos, antes del arreglo superficial. Construir cuñas de nivelación forma parte del trabajo general de nivelación.

Las cuñas de nivelación se deben construir en dos etapas si tienen un espesor de 3 a 6 pulgadas (7.6 a 15.2 cm.). Las cuñas con espesor mayor de 6 pulgadas se deben construir en capas compactadas no mayores de 3 pulgadas. Al construir varias capas compactadas, se colocará primero la más corta, y la sucesiva o las sucesivas la cubrirán extendiéndose adelante de la misma.



Figura V-1 Las cuñas de nivelación colocadas correctamente aseguran un pavimento liso.

Si se usa el procedimiento incorrecto existe la tendencia a formarse pequeños bordos en los dos extremos de cada capa debido a la dificultad de compactarse. Es muy probable que dichos bordos se reflejen hasta la carpeta superficial. (Fig. V.1.)

Cuando las cuñas en una depresión deban construirse en varias capas, el ingeniero hará una nivelación tal que permita dibujar los perfiles y las secciones transversales con precisión. Basados en estas, la pendiente de la corrección y los límites de las capas sucesivas deben determinarse de tal manera que el inspector y el contratista puedan definir las estaciones donde deben empezar y terminar su trabajo las

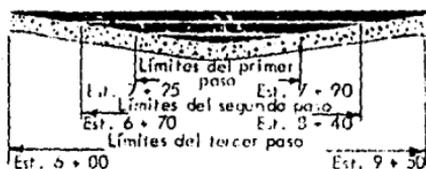


Figura 7-2 Los límites de las cuñas de nivelación múltiples, deben fijar con nivel montada.

extendedoras o motoconformadoras. (Fig. V.2).

PERALTE DE CURVAS

Al diseñar el peralte de curvas con mezcla asfáltica, las cuñas se construyen con elevación de 2 pulgadas (5.1 cm) de espesor en el borde exterior y una pulgada (2.5 cm) de espesor en el borde interior. Las capas sucesivas también aumentan de ancho. Por ejemplo, como se ilustra en la Fig. V.3., una elevación de 6 pulgadas (15.2 cm) se construye con 3 capas sucesivas de 8 pies (2.44m) 10 pies (3.05m), y 12 pies (3.66m) de ancho para un carril de 10 pies. Esto no aumenta el peralte del carril interior. Para construir el peralte de curvas se puede usar ya sea motoconformadora o pavimentadora.

V.4. TENDIDO CON PAVIMENTADORA

Antes de comenzar el tendido, el inspector y el contratista deberán llegar a un acuerdo en varios puntos. Uno de los puntos más importantes es la temperatura de colocación de la mezcla. De una manera general, la temperatura de la mezcla será la mínima que proporcione manejabilidad aceptable y permita la compactación correcta; pero nunca se permitirá que exceda el límite superior de colocación especificado.

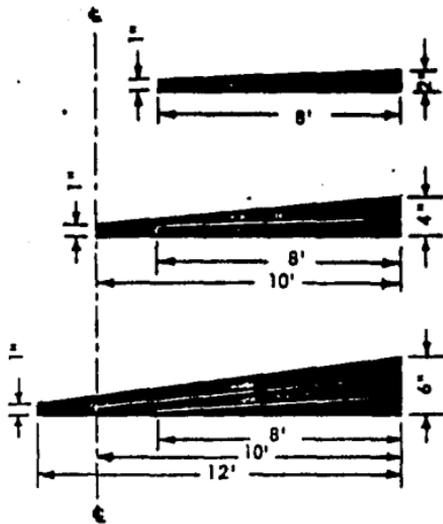


Figura V-3 Ejemplo típico: construcción de paralelos en curvas con mezcla asfáltica.

Otro punto importante en que debe existir entendimiento entre el inspector y el contratista es la velocidad de tendido (cantidad de mezcla por unidad de área o espesor de la carpeta, según lo especifiquen). Muchas especificaciones se limitan a una velocidad de tendido por hilada. Esta velocidad no se deberá exceder. Si el espesor total de la mezcla asfáltica que se está colocando excede al permitido, el inspector y el contratista acordarán sobre el número de hiladas y la velocidad de tendido en cada una de ellas.

El control preciso de la regla maestra es de importancia para obtener un pavimento de calidad aceptable. Para esto el control automático es de gran ayuda. Si los tornillos de control de espesor se manipulan con frecuencia, si las compuertas de la tolva no están ajustadas correctamente, si la regla maestra no está desgastada, o si todos los ajustes discutidos no se hacen correctamente se tendrá por resultado una superficie rugosa.

Cuando se use solo una pavimentadora es necesario determinar la longitud de tendido que mejor se ajuste a las condiciones de un trabajo particular. Cuando se pavimenta un carril con tránsito en el adyacente, una de las consideraciones que deben tomarse en cuenta es el deterioro del borde lateral. Este debe ser vertical, libre de polvo y recto cuando se coloque el carril adyacente. Cualquier corte que haya

sido deteriorado, siempre se acondicionará antes del tendido siguiente. Incluso se tendrá el mayor cuidado en los bordes de juntas longitudinales. Es decir, es conveniente reducir el mínimo el deterioro controlando el tránsito con un vehículo piloto o por medio de señales con banderín.

Siempre que sea posible es deseable operar con dos pavimentadoras escalonadas. Muchas especificaciones requieren que las pavimentadoras se conserven dentro de una distancia de 50 pies (15 m) una de la otra cuando trabajen escalonadas.

El objetivo es mantener caliente la junta entre dos tramos tendidos. Esta distancia para mantener caliente la junta dependerá por supuesto, de la temperatura ambiente, de la temperatura de la mezcla, y de la temperatura de la superficie sobre la que se está tendiendo.

Cuando se pavimente un solo carril, los calentadores de juntas de la pavimentadora usados adecuadamente reduciendo la velocidad de la misma, pueden ayudar a obtener un amarre firme entre los bordes, dando una junta impermeable, resistente y continua.

Cuando sea necesario pavimentar entradas o la parte lateral del camino como parte de un contrato, es útil contar con otra pavimentadora. Esto elimina desviaciones de la línea

de pavimentación y asegura una junta caliente, y permite rodillado suplementario de la línea de pavimentación y la parte lateral.

OPERACION DE LA PAVIMENTADORA

El inspector y el operador estudiarán las secciones relativas a las pavimentadoras que se van a usar. Además del manual de operación suministrado por el fabricante.

Todas las pavimentadoras consisten esencialmente de una unidad de tracción y la regla maestra. La unidad de tracción empuja el camión de volteo, transporta la tolva y arrastra la regla maestra.

La tolva está equipada generalmente, con dos transportadores para llevar la mezcla a través de compuertas ajustables hacia los tornillos distribuidores, los cuales aparecen la mezcla adelante de la regla maestra.

La regla maestra es remolcada por medio de tirantes que van desde la parte lateral de la regla maestra hasta un punto de apoyo cerca del frente de la unidad de tracción. Esto permite que la regla maestra "flote" sobre la mezcla que ha sido tendida, impartiendo una compactación inicial a la mezcla. Como la unidad de tracción arrastra a la regla

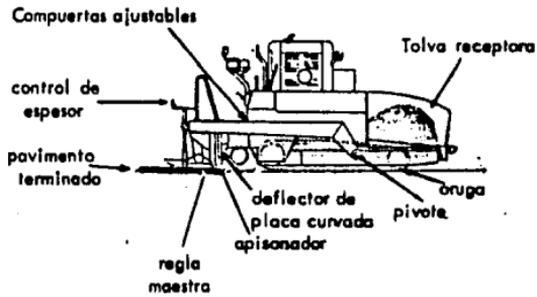
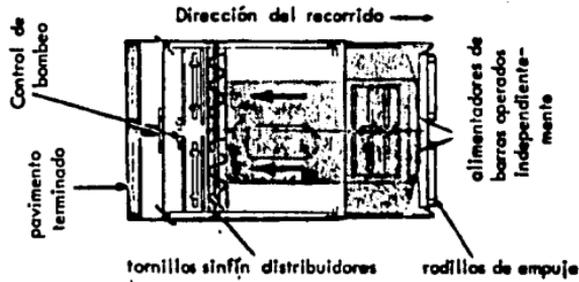


Figura V-4 Flujo del material a través de la pavimentadora

maestra sobre el material, ésta se nivelará donde su trayectoria sea paralela a la dirección del arrastre. La regla maestra mantendrá este nivel hasta que los controles de ajuste de altura se varien. (Fig. V.4)

Las fuerzas que actúan sobre la regla maestra durante la operación de pavimentación se indican en la figura. V.5.

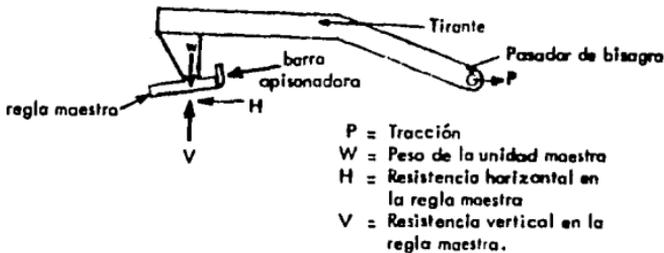


Figura V-5 Fuerzas que actúan sobre la regla maestra durante la operación de pavimentación.

Cuando la pavimentadora está en movimiento la tracción P , en el pivote siempre es mayor que la resistencia horizontal H , en la regla maestra. Cuando el espesor de la carpeta se incrementa, la regla maestra se inclina hacia arriba, permitiendo que se acumule mayor cantidad de mezcla debajo de ella. El resultado es que la fuerza de elevación vertical V , excede al peso W , y origina que la regla maestra suba. Como se eleva,

V disminuye hacia igualarse nuevamente con W, en ese momento el movimiento vertical se termina y la regla maestra nuevamente se mueve solo en dirección horizontal paralela a la trayectoria del empuje. El espesor de la carpeta puede variarse ya sea inclinando la regla maestra o moviendo verticalmente el punto de apoyo de los tirantes.

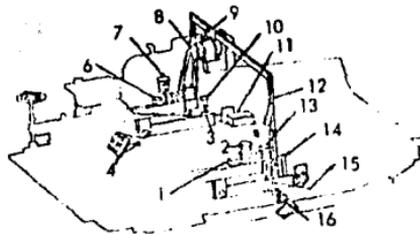
La regla maestra se prueba continuamente para comprobar si todas las fuerzas están balanceadas, a esto se debe la importancia de controlar el flujo del material con las compuertas, operar uniformemente los alimentadores de cinta, mandar un peso constante de material hacia la regla maestra y no mover los controles de la maestra continuamente. También, la temperatura de la mezcla deberá ser uniforme de tal forma que la viscosidad de la misma no cambie e influya en el balance de las fuerzas que actúan en la regla maestra.

CONTROLES DE LA REGLA MAESTRA

Al final del año 1950 un ingeniero de la Comisión Estatal de Caminos de Kansas desarrolló un dispositivo para el control de la maestra para producir una superficie tersa. Este es un sistema simple, operado manualmente que utiliza una cuerda tensa y un indicador como gafa para controlar el nivel, y un péndulo montado en una viga transversal como gafa para controlar la inclinación.

Este control opera bajo el principio de que si la regla maestra sigue una línea recta, a pesar de las irregularidades en la superficie que se está pavimentando, dará por resultado un pavimento terso y nivelado. En la articulación de la maestra, se establece un punto de referencia cerca del pivote del tirante. El punto de referencia consiste de un indicador que se guía por una cuerda tensa generalmente colocada a lo largo de la línea central de la superficie para proporcionar un perfil liso. El operador de la regla maestra mantendrá el indicador en la misma posición con respecto a la cuerda por medio del tornillo de control de espesor de ese lado de la pavimentación.

La inclinación o perfil transversal se controla en la misma articulación pero en el otro lado de la pavimentadora. Los puntos de referencia se conectan con una viga, la que consta de un péndulo montado en su centro. El péndulo consta de manecillas que se mueven sobre una escala en cada extremo de la viga. Una vez que la articulación se ajusta a un bombeo especificado, el operador colocado al lado opuesto de la cuerda de referencia sólo tiene que mantener la manecilla centrada en la marca de la escala por medio del tornillo de control del espesor.



- | | |
|--|--|
| 1. Caja de distribución del lado derecho | 9. Péndulo (sensor de inclinación) |
| 2. Motor del lado derecho | 10. Interruptores limitadores del lado izquierdo |
| 3. Ángulo cortado | 11. Caja de control |
| 4. Tablero de control | 12. Soporte para el péndulo |
| 5. Flecha vertical | 13. Caja de engranes |
| 6. Caja de distribución del lado izquierdo | 14. Interruptores limitadores - del lado derecho |
| 7. Motor del lado izquierdo | 15. Montaje del soporte del sensor |
| 8. Unidad de suministro de energía | 16. Guía (sensor de nivel) |

Figura V-6 Componentes de un dispositivo automático de control. Cortesía de la Iowa Manufacturing Company.

CONTROLES AUTOMATICOS DE LA REGLA MAESTRA

Actualmente se cuenta con controles de operación manual, semi-automática o automática para casi todas las principales marcas de pavimentadoras. Muchos fabricantes han desarrollado dichos controles; todos bajo el mismo principio básico del dispositivo de Kansas. La mayoría de los controles automáticos varían la inclinación de la maestra moviendo los puntos de apoyo de los tirantes, (Fig. V.6)

Estos controles automáticos tienen 5 componentes principales; un sensor, un péndulo, una caja de control, un tablero de mando, y motores o cilindros para controlar la inclinación de la regla maestra.

Una vez que la maestra se coloca en una altura de tendido determinada, el sistema automático se hace cargo de producir una carpeta uniforme. El tablero de mando, el sensor de nivel y el péndulo producen impulsos eléctricos hacia la caja de control, la que activa los motores o cilindros para variar la inclinación de la maestra, compensando automáticamente las irregularidades de la superficie del camino.

El sensor obtiene su información de un dispositivo sensible o rejilla, guiada por una cuerda tensa previamente

colocada como referencia del nivel. Esta rejilla se puede sustituir por un patín largo o corto guiado por el nivel de un carril adyacente, por una guarnición o por un canalón. Para colocar sobrecarpetas en pavimentos viejos se puede utilizar una cuerda tensa o un patín largo, pero para construcciones nuevas se recomienda la cuerda instalada cuidadosamente. Se puede sustituir la cuerda o el patín largo por uno corto o por una Zapata después de que se ha colocado el primer carril. La cuerda tensa puede colocarse en ambos lados de la pavimentadora, pero el patín irá montado en el lado del eje.

CUERDAS COMO LINEAS DE GUIA

Se deberá usar siempre una línea de guía para el operador de la pavimentadora. Se colocará paralela a la línea central del camino a lo largo del borde o cerca de la junta longitudinal del carril que se va a pavimentar. Esta guía puede ser doble como una referencia de nivel para los controles automáticos de la regla maestra. Si solo se usa como línea de guía no es necesario mantenerla más tensa de lo necesario para mantenerla recta. Pero si se usa como referencia de nivel, deberá colocarse cuidadosamente y mantenerla tensa, ya que esta línea de nivel es la que seguirá la regla maestra. La altura de la cuerda puede variarse para diferentes condiciones de nivel del terreno.

Las guías pueden ser de hilo de bramante a cuerdas fuertes que puedan ser estiradas de 80 a 100 Lbs(36.4 a 45.4 kg) de tensión. Deberá tensarse y sujetarse a distancias iguales desde 300 hasta 500 pies (91.5 a 152.5 m), según las especificaciones. (Fig. V.7)

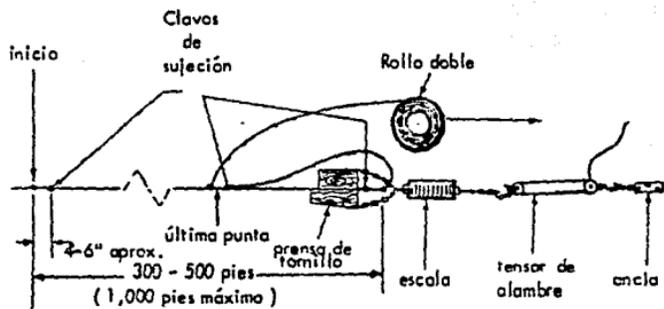
Cuando en una repavimentación existen caminos o calles, la guía puede tensarse de punta a punta asegurada con clavos de sujeción.

NOTA: En la sujeción de la guía, es importante que se utilice una argolla, ya que no afecta la fuerza de tensión. una fuerza de tensión de 325 lbs (147.7 kg) reventará el hilo de bramante si se usan nudos llanos o corredizos.

Una vez que se ha tensado el hilo, sera necesario colocarla en la línea de guía. Usando grampas para cerco ordinarios o algún método similar, la cuerda puede colocarse a la distancia correcta de las marcas de nivel. Las grampas pueden colocarse en los extremos o a determinados intervalos. Se tomará cuidado de que en ningún momento disminuya la tensión de la cuerda.

NOTA: La cuerda-guía deberá colocarse y tensarse lo bastante lejos adelante de la pavimentadora para prevenir cualquier demora. Además ajustar la guía a considerable

Figura V.7 Método de un sólo hombre para sujetar y tensar una cuerda - guía.



distancia de la pavimentadora permitirá que se pueda estirar y aflojar.

La sujección de una línea-guía sobre una superficie de concreto de cemento portland se puede lograr colocando los clavos en las grietas o juntas. Se requerirán clavos o estacas muy largas para sujetar la línea en un firme.

Para colocar la línea-guía en una curva es necesario que la distancia entre los clavos de sujección y la tensión se reduzcan. Será necesaria fijar la cuerda a intervalos cortos para mantener el contorno de la curva.

Al colocar una línea en un vallo, la tensión deberá reducirse lo suficiente para que la guía toque los puntos más altos de la superficie del camino.

LA OPERACION DEL TENDIDO

Cuando la pavimentadora está lista para operar la regla maestra deberá soportarse con bloques del mismo espesor que la carpeta suelta que se va a colocar y los tornillos de control de espesor se ajustarán a esa altura. O si se inicia el trabajo en una carpeta previamente colocada, se usarán tabloncillos con espesor igual a la diferencia de espesores

entre la carpeta suelta y compactada. La pavimentadora entonces comenzará a tender el material al espesor apropiado.

Tan pronto como la primera carga de mezcla asfáltica se ha tendido. Se verificará antes del planchado, si la textura de la superficie es uniforme. Los ajustes de la maestra, barras apisonadoras o vibradores gusanos distribuidores, tolva alimentadora y todos los puntos donde sean necesarios, se comprobarán continuamente con el objeto de obtener un tendido homogéneo de la mezcla con el alineamiento y nivel apropiados. Para determinar si se ha obtenido o no una superficie homogénea se usará una regla.

No se debe permitir la segregación, y en caso de llegar a ocurrir, se detendrá inmediatamente la operación de tendido. Se determinará la causa y se corregirá antes de iniciar nuevamente el tendido.

Cuando un camión descarga en la tolva receptora sus ruedas deberán hacer contacto con el rodillo de empuje de la pavimentadora. Si un camión se encuentra sesgado en relación al rodillo de empuje éste solo empujará un lado del camión y la pavimentadora tenderá a desviarse. En este caso, el operador requerirá hacer correcciones continuas resultando una línea desigual con juntas consecuentemente irregulares y poco compactas.

Cuando se utilizan camiones con descarga por el fondo y un elevador de carga, para alimentar la tolva de la pavimentadora, se ajustará cuidadosamente el tamaño del camellón requerido para proporcionar la cantidad correcta del material para la carpeta que se está tendiendo. (Fig. V.8)

Se recomienda un calibrador de camellones para este propósito.

La mezcla se enfriará rápidamente en forma de camellón que en el camión, y el enfriamiento excesivo ocasionará una compactación deficiente del pavimento. El acamellonador, por consiguiente, deberá ir adelante para no retardar la operación de la pavimentadora. Debido al enfriamiento rápido, este procedimiento de pavimentación no se recomienda para temperaturas ambientes bajas ni cuando existan vientos fuertes.

La cantidad de material llevado adelante de la regla maestra deberá tener una altura uniforme, ya que si varía la superficie resultará rugosa.

La mezcla que se adhiere a las paredes de la tolva deberá removerse continuamente e integrarse a la mezcla activa. Cuando se permite que la mezcla se acumule se enfría rápidamente, y eventualmente podrá introducirse mezcla fría a la pavimentadora dando por resultado una textura no uniforme de la

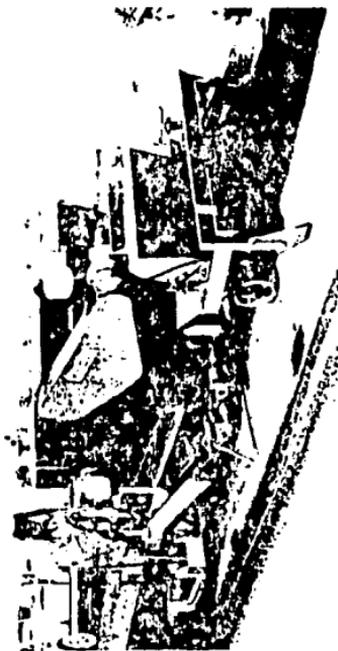


Figura 7-8 Elevador de carga usado para alimentar la mezcla asfáltica desde el camellón hasta la tolva. Fotografía por cortesía de Koehring Company of California.

superficie. Muchas de las pavimentadoras nuevas tienen tolvas con paredes movibles operadas hidráulicamente, que cuando son activadas por el operador hacen que la mezcla llegue hasta los alimentadores de cinta.

Si la mezcla es arrastrada durante el tendido, la operación deberá suspenderse hasta determinar la causa y corregirla. Las causas más comunes son una mezcla demasiado fría, y un alto porcentaje de granzón en el agregado fino. Por ejemplo cuando el agregado fino está compuesto por grancillas y arena, una proporción alta de grancillas puede hacer que la mezcla se haga correosa irregularmente aunque esto es deseable para mejorar la estabilidad algunas veces ocasionará el arrastre. Incluso, un ligero cambio en el agregado fino puede ocasionar una diferencia notable en las características de tendido y de compactación.

Puede ser necesario alterar la fórmula de trabajo a fin de efectuar el cambio deseado. Cuando el problema persista a pesar de los cambios de diseño de la mezcla, será necesario rayar las partes lisas para borrar las marcas del arrastre. Para este fin se pueden usar escobas con alambre de acero. Las escobas son colocadas, sin sus mangos, hombro con hombro en un bastidor de madera tan largo como el ancho del carril. Este dispositivo se coloca en la pavimentadora de tal manera que rastriple la superficie de la mezcla recién

tendida dos o tres pies (61 a 91.5 cm) atras de la pavimentadora. Las escobas deberán inclinarse ligeramente para que el frente de las cerdas tenga contacto con la mezcla. El asfalto acumulado en las escobas se debe eliminar desmontandolas de la pavimentadora y limpiandolas con Kerosina o algún otro solvente, cada vez que sea necesario.

Después de que se han tendido una o dos camionadas el inspector y su representante del contratista comprobarán el espesor de la mezcla sin compactar. Entonces determinarán el área cubierta y el peso de material tendido. Si los especificaciones requieren el dato de la mezcla tendida en libras por yarda cuadrada, dividirán el peso de la mezcla por el número de yardas cuadradas cubiertas, determinando el promedio de libras por yarda cuadrada de mezcla colocada.

Ejemplo: especificación requerida = $150 \text{ lb/yd}^2 = 81.6 \text{ kg/m}^2$
 cantidad tendida = 40 000 Lb = 20.0 ton.
 área cubierta = $270 \text{ Yd}^2 = 225.7 \text{ m}^2$
 por tanto $\frac{40\ 000 \text{ lb}}{270 \text{ yd}^2} = 140 \text{ Lb/yd}^2 = 30.5 \text{ kg/m}^2$

Una vez hechos los ajustes necesarios de la regla maestra para tender la cantidad requerida de mezcla, se deberán hacer comprobaciones ocasionales de kilogramos colocadas por metro cuadrado, y del espesor de la mezcla sin compactar para

verificar si se ha mantenido constante la cantidad tendida.

Si las especificaciones requieren el espesor de mezcla en pulgadas, se deberá comprobar el espesor de la mezcla compacta para poder establecer una relación de corrección de espesor suelto.

Ejemplo: Espesor especificado = 1.50 pulgadas = 3.81 cm

Espesor suelto promedio = 1.86 pulgadas = 4.72 cm.

Espesor compacto promedio = 1.44 pulgadas = 3.66cm.

luego relación = $\frac{1.86}{1.44} = 1.29$

el espesor suelto corregido = 1.5 pulgadas x 1.29

= 1.94 pulgadas = 4.92cm.

El rastrillo deberá utilizarse solo en casos absolutamente necesarios. La superficie con la textura más uniforme se logra reduciendo a un mínimo este trabajo. Esto es especialmente cierto con mezclas de piedra triturada. A menudo un solo hombre cubrirá la parte trasera de la pavimentadora rastrillando la superficie con el sólo propósito de mantenerlo ocupado.

Si las operaciones adelante de la pavimentadora son correctas, si el equipo está en buenas condiciones y ajustado, y si la pavimentadora maneja la mezcla a una velocidad adecuada

no habrá necesidad de realizar ningún trabajo detrás. El rastrillador. Sin embargo, deberá vigilar que no falte mezcla en los bordes y corrigiéndolos para que estos sean rectos.

Esto lo logra removiendo mezcla de la tolva en caso contrario, Si el operador de la pavimentación sigue su línea-guía no se presentará este problema.

V.5 TENDIDO A MANO

Existen lugares donde el tendido con pavimentadora es impráctico o imposible. En estos casos se permite el tendido a mano. La colocación y tendido a mano debe hacerse con sumo cuidado y la distribución del material uniformemente para evitar la segregación del agregado grueso y del mortero bituminoso. Cuando la mezcla asfáltica se apila, se deberá colocar bastante adelante de los paleadores para que puedan extenderla. También el trabajador tendrá el espacio suficiente para moverse sobre la base y no sobre la mezcla. Si la mezcla asfáltica se esparsa con pala, siempre resultara una completa segregación del agregado grueso y de las porciones finas.

El material se depositará con las palas en pilas pequeñas, de donde se extendera con rastrillos. En el proceso de tendido todo el material deberá distribuirse suelto y uniforme. Cualquier porción de la mezcla que se haya aglutinado y no se disgregue fácilmente, deberá rechazarse. Antes de

iniciar la compactación del material tendido, la superficie se comprobará con plantillas y regla y se corregirán todas las irregularidades.

V.6. PAVIMENTADORAS REMOLCADAS Y ESPARCIADORAS

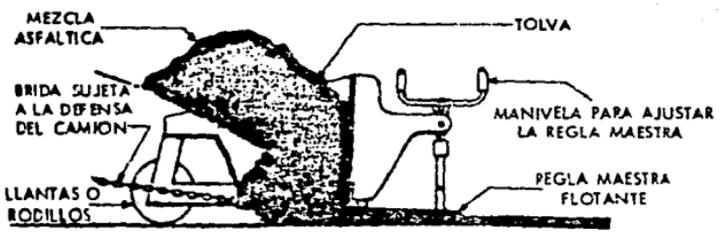
Para trabajos pequeños de pavimentación a veces es más conveniente y económico el uso de pavimentadoras remolcadas que el uso de las autopropulsadas. Las pavimentadoras remolcadas se acoplan a la parte trasera del camión. El material es depositado en la tolva de la pavimentadora y cae directamente sobre la base. Como el camión se mueve hacia adelante el material golpea con una hoja, la barra-cuchilla, o con la regla maestra y es apisonado por la regla maestra o por rodillos. La fig. V.9. muestra los principios de operación de uno de los tipos de pavimentadora remolcada. Estas pavimentadoras se pueden equipar con calentadores y vibradores para la regla maestra.

Muchas pavimentadoras de este tipo cuentan con regla maestra flotante. Antes de que caiga la mezcla en la tolva, es necesario colocar un bloque de madera debajo de la regla maestra; el cual se retirara hasta que la pavimentadora está en condiciones de tender el material con el espesor deseado.

La tolva se mantendrá llena de material durante las

Figura V-9

Flujo de material a través de una pavimenta
dove tipo ramolada.



operaciones de pavimentación con el objeto de lograr un tendido uniforme y completo. Una vez ajustada la regla maestra a un espesor, no se requiere hacer ningún otro ajuste. Si se está tendiendo mezcla caliente, se deberá dar tiempo a que se caliente la regla maestra antes de iniciar el tendido.

El espaciado debe remolcarse a una velocidad uniforme para cada posición de la regla maestra o del enrasador. Variará el espesor de tendido si la velocidad del espaciador varía.

V. 7. COMPROBACION DE LA TOLERANCIA DE LA SUPERFICIE.

Nunca se insistirá demasiado sobre la importancia de estar dentro de ciertos límites de Tersura de la Superficie. Para el tránsito actual (alta velocidad), muchas especificaciones permiten una variación de no más de 3/16 de pulgada (4.8 mm) en 10 pies (3.05 m). Cualquiera que sea la tolerancia exigida por el inspector, se deberá poner todo el empeño posible para obtener la misma tersura en cada carpeta que se tienda. Después de cada tendido y antes de colocar la siguiente hilada, se inspeccionará la superficie con una regla para determinar si se ha obtenido la tersura especificada. Se usan dos tipos de reglas para este fin:

1. Una regla de madera o metal que se coloca sobre el pavimento para observar sus irregularidades.

2. Una regla montada sobre ruedas que muestra las irregularidades en un indicador cuando el inspector la arrastra hacia adelante. (Fig. V.10)

Toda la superficie tendida deberá cubrirse con esta operación, y toda irregularidad que sobrepase la tolerancia especificada se corregirá antes de proseguir el trabajo.

Si se obtiene la tersura requerida con la primera carpeta tendida, generalmente, las subsiguientes pueden tenderse uniformemente colocando simplemente el control de la pavimentadora al espesor deseado.

V. 8 JUNTAS LONGITUDINALES.

El ancho de tendido deberá planearse para que las juntas longitudinales de las diferentes carpetas queden traslapadas. El traslape debe ser de cuando menos 6^o pulgadas (15.2 cm). El traslape de las capas sucesivas ayuda a prevenir la aparición de grietas a lo largo de la junta longitudinal.

Las juntas longitudinales se compactan inmediatamente después de la operación de tendido. La primera hilada que se coloca deberá ser con la alineación y rasante correctas y tener una cara casi vertical. Antes de compactarla, el material a lo largo de los bordes deberá elevarse ligeramente a tope con un rastrillo. Con esto se arman los bordes y permite que soporten el peso del rodillo. Luego el material del carril contiguo se coloca estrechamente contra la cara vertical del carril colocado previamente. La posición de la pavimentadora será tal que al tender el material se traslape una o dos pulgadas (2.5 o 5.1 cm) con el borde del carril anteriormente colocado. (Fig. V 11)

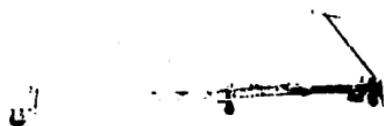


Figura V-10 Regla montada sobre ruedas para inspeccionar - la textura de la superficie.

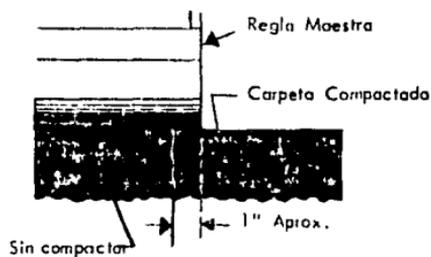


Figura V-411 La pavimentadora traslapará el material con la capa contigua una o dos pulgadas (2.5 ó 5.1 cm).

El material suelto se deberá dejar lo suficientemente alto para permitir la compactación al espesor del carril ya compactado. Un método empírico consiste en colocar un espesor suelto de 1.25 veces el compactado. El agregado grueso colocado en el traslape de la junta "fría" deberá separarse cuidadosamente y desecharse. Si se va a colocar otra capa sobre la ya tendida, el exceso del agregado grueso de la junta puede distribuirse con una escoba o un rastrillo. Con esto, se dejará solo la porción más fina de la mezcla sobre la junta la cual se presionará sobre la capa ya compactada en el momento del rodillado. Si se tiende simultáneamente con dos pavimentadoras, el espesor suelto de una y otra se igualarán exactamente para una junta "caliente".

Para lograr una alineación precisa, la pavimentadora seguirá por la línea o marcas colocadas a lo largo de la junta. El ancho y el espesor del material traslapado siempre será uniforme. Para obtener óptimos resultados, es muy importante que no se regulen en exceso los controles de espesor de la pavimentadora. Cuando el carril adyacente no se coloca durante el mismo día, o si la junta se deforma con el tránsito o por alguna otra causa, el borde debe guarnecerse y regarse con una ligera capa de asfalto antes de realizar la junta.

V.9. JUNTAS TRANSVERSALES.

Las juntas transversales de carpetas, tanto de liga como de rodamiento, deben construirse y compactarse cuidadosamente para proporcionar suavidad de marcha. Las juntas deberán ser bordes verticales y en línea recta para obtener una alineación y tersura precisos. Si la línea de la junta se forma con una mampara usando para este fin un tablón, de espesor adecuado (Fig. V 12). Se comprobará el enrase con una regla antes de colocar el material caliente para completarse. Las mezclas de estabilidad baja pueden moverse y desplazar la mampara, este material se tendrá que confinar como cuando no se usa mampara.

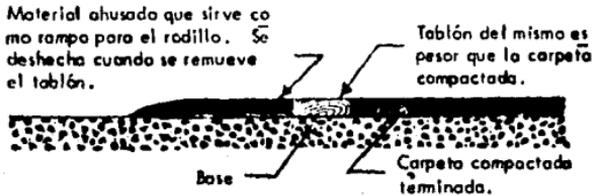


Figura V-12

Se usa, a veces, un tablón para hacer que la cara de la junta sea recta y vertical.

Si no se usa mampara y el rodillo tiene que pasar por el material recién tendido, la junta deberá localizarse a una distancia suficientemente atrás del borde redondeado, hasta donde se tenga la seguridad que el espesor es constante. Cuando el material se confina, el corte para la junta se puede hacer con la ayuda de una cortadora de pavimento.

En ambos casos, la pared o cara de la junta debe regarse o pintarse con una capa asfáltica fina antes de hacer la junta.

La regla maestra de la pavimentadora deberá estar caliente al comenzar el tendido. Si el material caliente esta enrasado o casi enrasado con el ya compactado, al terminar la compactación su espesor será menor. En este caso, el material caliente debe aflojarse con un rastrillo y agregar material hasta que el espesor sea de aproximadamente media pulgada (1.3 cm) más alto. Entonces, la junta se puede compactar por el procedimiento normal. en el caso contrario en que el material caliente sea demasiado alto después de pasar el rodillo Tandem, se debe aflojar y eliminar el exceso antes de proseguir la compactación. Para obtener la compactación completa de estas juntas se puede requerir rodillado transversal.

V. 10. COMPROBACION DEL TENDIDO DIARIO.

El inspector deberá hacer una comprobación del tonelaje de material tendido. Debe determinarse la longitud cubiertacuando menos cada vez que se tiendan 200 ton. Esta información se usará para comprobar el tendido tomando como base los pesos específicos de la masa obtenidos. Al final del trabajo diario, el inspector también debe determinar la cantidad de material tendido partiendo de su reporte de cargas aceptadas y colocadas. Una vez hecho ésto, podrá determinar el espesor promedio y el peso promedio por unidad de área del material colocado durante el día. Para áreas de espesor diferente y para intersecciones se deben hacer cálculos por separado.

Las fórmulas siguientes se pueden usar para determinar el espesor promedio de la mezcla compactada colocada.

$$1). Ls = \frac{T}{0.0026 \cdot d \cdot Hs \cdot S}$$

$$2). Ha = \frac{Hs \cdot Ls}{La}$$

donde:

- T = Toneladas de mezcla colocada
 d = Peso específico de la masa de mezcla
 Ls = Longitud del carril con el espesor estipulado.
 La = Longitud del carril colocado

S = Ancho del tendido
 Ha = Espesor promedio real
 Hs = Espesor estipulado

Ejemplo 1)

T Toneladas de mezcla colocada = 162,38
 d Peso específico de la masa = 2.37
 Hs Espesor estipulado = 1.5 pulgs.
 S, Ancho del tendido = 10.0 pies.
 (3.05m)

$$L_s = \frac{162,38}{0,0026 \times 2,37 \times 1,5 \times 10,0} = \frac{162,38}{0,092}$$

$L_s = 1765$ pies (538,33 m)

2)

Hs espesor estipulado = 1.5 pulg.
 Ls longitud del carril con
 espesor estipulado = 1765 pies
 La, longitud del carril colo-
 cado = 1785 pies
 (544,43 m)

$$H_a = \frac{1,5 \times 1765}{1785} = \frac{2647,5}{1785} = 1,48 \text{ pulg. (3,76 cm)}$$

El peso promedio por unidad de área puede determinarse como sigue: se divide el peso de mezcla colocada entre el área cubierta. Como en el caso de la determinación del espesor promedio, se requieren cálculos por separado para áreas con diferente espesor y para intersecciones.

Ejemplo:

peso de mezcla colocada = 162.38 ton.

longitud cubierta = 1785 pies

Ancho del tendido = 10 pies

$162.38 \times 2000 = 324,760 \text{ Lb (147,441 Kg)}$

$\frac{1785 \times 10}{9} = 1983.3 \text{ yd}^2 \text{ (1658.04 m}^2\text{)}$

$\frac{324\ 760}{1983.3} = 163.7 \text{ lb/yd}^2 \text{ (88.89 kg/m}^2\text{)}$

V. 11 COMPACTACION.

GENERALIDADES.

Las mezclas se pueden compactar completa y fácilmente si las temperaturas de tendido y compactación son las apropiadas según la viscosidad del asfalto. El rodillado debe comen-

zar tan pronto como sea posible después de que el material haya sido tendido. Pero, como en otras fases de la pavimentación, el rodillado se hará con sumo cuidado para obtener la tersura deseada de la superficie del pavimento.

El rodillado de las juntas longitudinales deberá efectuarse inmediatamente detrás de la pavimentadora. La pasada inicial del rodillo deberá ser tan pronto como sea posible compactar la mezcla sin agrietar la carpeta o cuando la mezcla ya no se adhiera a las ruedas. La segunda, o rodillado intermedio, deberá seguir al rodillado primario para cerrar la mezcla y se hará mientras la mezcla permanezca a una temperatura tal que se pueda obtener la máxima densidad. El rodillado final se hará mientras el material aún sea trabajable para borrar las marcas de los rodillos.

Lo siguiente se sugiere como guía: La junta longitudinal se rodilla inmediatamente detrás de la pavimentadora; el rodillo primario a menos de 200 pies (61 m) detrás de la pavimentadora; el rodillado intermedio a 200 pies y más detrás del rodillado primario; el rodillado final tan pronto como sea posible después del rodillado intermedio.

Si la densidad especificada no se obtiene durante la construcción, el tránsito consolidará el pavimento; pero

solo en la trayectoria de las ruedas. El instituto del asfalto recomienda para obtener la densidad requerida el uso de rodillos de llanta neumática con alta presión de contacto seguidos de rodillos de ruedas de acero. También hay que tener en consideración los rodillos vibratorios.

CRITERIO DE COMPACTACION.

El instituto del asfalto recomienda que cada capa de pavimento asfáltico se compacte a una densidad de cuando menos el 97% de la del espécimen del laboratorio elaborado con mezcla muestreada en la planta.

PRUEBAS DE COMPACTACION.

Se han desarrollado muchas pruebas para determinar el grado de compactación de las mezclas asfálticas. El método más común consiste en determinar la densidad de la mezcla compactada, extrayendo un corazón del pavimento y comparandola con la densidad del espécimen compactado en laboratorio.

NUMERO DE RODILLOS REQUERIDOS.

Se requiere cuando menos dos rodillos para todo tipo de trabajo excepto para trabajos muy pequeños, tales como esta-

cionamientos. Se deberán usar rodillos adicionales como sean necesarios para lograr la densidad especificada.

PROCEDIMIENTO DE RODILLADO.

Durante el rodillado, las ruedas del rodillo deberán estar húmedas solo con la cantidad de agua necesaria para evitar que se adhiera el material. Los rodillos se desplazarán a una velocidad baja pero uniforme con el rodillo o ruedas de mano más cercanas a la pavimentadora. La velocidad de los rodillos de ruedas de acero no debe exceder de 3 millas/hora (4.8 km/h) y la de los rodillos neumáticos de 5 millas/hora (8 km/h). Los rodillos estarán en buenas condiciones, capaces de ir en reversa sin sacudimientos. La dirección del rodillado no deberá cambiarse repentinamente porque puede desplazar la mezcla. Cualquier cambio pronunciado de dirección se hará sobre material estable. Si por esta causa se desplaza el material, el área afectada se deberá aflojar con rastrillo de volver a rodillar. No se deberá permitir la entrada de equipo pesado incluyendo los rodillos, sobre la superficie terminada antes de que se haya enfriado.

Se deben colocar tabloncillos de espesor apropiados en el borde para el movimiento final del rodillado. Si no se usan los tabloncillos, se debe detener el rodillado a seis u ocho

pulgadas (15.2 o 20.3 cm) del borde exterior para evitar dañarlo. Este borde se rodillará después durante el rodillado longitudinal.

RODILLADO DE JUNTAS LONGITUDINALES.

Las juntas longitudinales se deben rodillar inmediatamente detrás de la pavimentadora. Si se usa un rodillo de 3 ruedas deberá moverse sobre el carril previamente compactado de tal manera que únicamente seis pulgadas del rodillo trasero queden sobre el material fino colocado sobre la junta.

El rodillado se continúa a todo lo largo de esta línea, variando la posición del rodillo gradualmente hasta obtener una junta perfectamente compactada. Si se cuenta solo con rodillo tándem, se operarán de forma similar hasta completar la junta.

Los bordes de pavimento se rodillan concurrentemente con la junta longitudinal; prolongando las ruedas de dos a cuatro pulgadas (5.1 a 10.2 cm) fuera del borde. Después de compactar las juntas y los bordes se siguen inmediatamente con el rodillado inicial o primario. (Fig. V .13).

RODILLADO PRIMARIO.

El Rodillado primario se llevará a cabo con rodillos de ruedas de acero. (Fig. V.14). Generalmente se usan rodillos de tres ruedas, pero algunas veces rodillos Tándem. Cuando se usan ambos rodillos, el de tres ruedas irá directamente atrás de la pavimentadora seguido del Tándem.

El peso del rodillo usado para el rodillado primario dependerá, en gran parte, de la Temperatura, del espesor, y de la estabilidad de la mezcla que se coloca. Generalmente se utilizan rodillos de 10 a 12 toneladas.

Es importante comenzar la operación de rodillado en la parte más baja del tendido, generalmente es el extremo exterior del carril que se está pavimentando y continuar con la parte más alta. La razón es que cuando la mezcla asfáltica está caliente tiende a emigrar hacia la parte más baja del tendido bajo la acción del rodillo. Si el rodillado se comienza por la parte alta, esta emigración será mucho más pronunciada que si el rodillado se comienza en la parte baja. En la junta longitudinal se seguirá el mismo procedimiento, pero solo después de haber compactado la mezcla caliente en la junta traslapando seis u ocho pulgadas (15.2 o 20.3 cm) del rodillo.

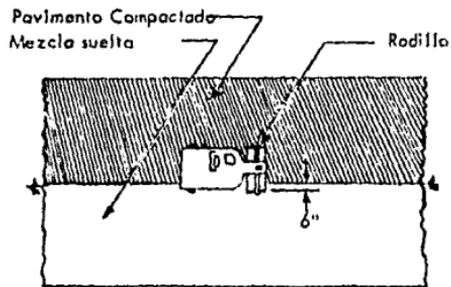


Figura V-13 Rodillado de una junta Longitudinal.

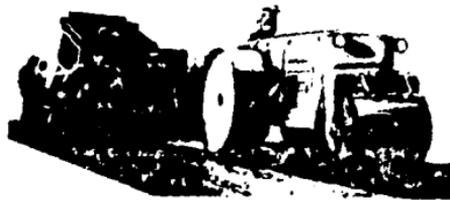
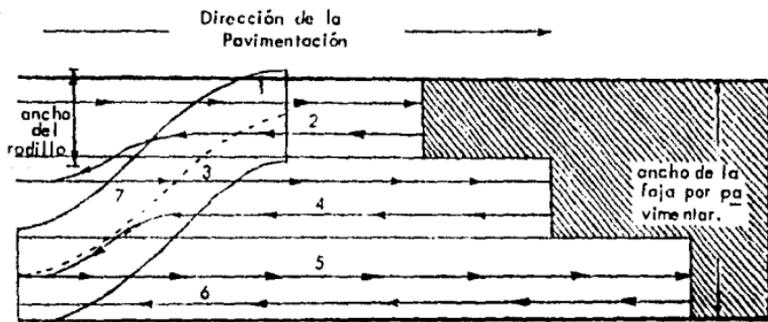


Figura V-14 El rodillado primario se efectúa con las ruedas matrices hacia la pavimentadora.

Se deberá seguir una norma de rodillado que proporcione el cubrimiento más uniforme de la superficie que se esta pavimentando. Los rodillos se producen en una variedad de anchos y una simple recomendación aplicable a todos ellos es impráctica.

Por esta razón, se deberá determinar la mejor norma de compactación para cada rodillo usado y seguirla para obtener una sección de compactación más uniforme.

El patrón de rodillado apropiado para mezcla asfáltica se muestra en la fig. V 15. En este caso el tendido es de 12 pies (3.66 m) de ancho y el rodillo de 4.5 pies (1.37 m). En la faja extrema el rodillado avanza (1) con las ruedas motrices hacia adelante y regresa en la misma faja (2). El rodillo se mueve al siguiente carril como se indica a la izquierda e inicia su recorrido en el sentido de la pavimentación (3). Traslapando la primera pasada aproximadamente nueve pulgadas (23 cm), hasta más allá del final de la primera faja compactada de tal manera que no se dejen macas por cambios de dirección. Regresa el rodillo a la izquierda (1) siguiendo la misma trayectoria de la pasada anterior (3). Después de moverse el carril interior, como se muestra a la izquierda, el rodillo prosigue en la dirección de la pavimentación (5), traslapando el segundo carril compactado nueve pulgadas, y



Esta es una norma recomendada de rodillado. Cada pasada del rodillo será en línea recta y el regreso en la misma trayectoria. Después de completar las pasadas requeridas, el rodillo se deberá trasladar al extremo del pavimento sobre el material frío y repetir el procedimiento.

Figura 11-15

Norma de Rodillado Correcta

continúa un poco más adelante del final de los dos primeros carriles y regresa en la misma trayectoria (6). Esto completa la primera pasada. Entonces el rodillado se mueve hacia el extremo del pavimento (7) sobre el material más frío y repite el procedimiento.

Con rodillos de ruedas de acero la operación deberá progresar con las ruedas motrices en la dirección de la pavimentación. Esto es importante especialmente durante el rodillado primario, que es cuando se logra el mayor porcentaje de compactación. Una de las principales razones de que el rodillado primario deba hacerse con las ruedas motrices hacia el sentido de la pavimentación es que se aplica una carga vertical más directa que con las ruedas traseras. (Fig. V. 15)

La figura V. 16 muestra las ventajas del rodillado con las ruedas hacia adelante.

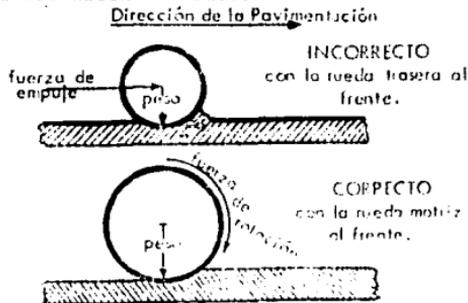


Figura W-16 Rodillado. La dirección es importante.

Si el rodillado primario se realiza con las ruedas traseras hacia la dirección de la pavimentación la fuerza de empuje y el peso van ligeramente adelante de la vertical, causando que el material se desplace al frente de las ruedas, como se muestra en el dibujo de arriba. El método correcto es el que se ilustra abajo. El mayor peso de la rueda motriz proporciona la compactación mientras que la fuerza de rotación hace que el material pase debajo de la rueda sin desplazarse.

Existe una o dos excepciones del rodillado con la rueda motriz hacia adelante. Generalmente ocurre cuando se van a construir superelevaciones o si la pendiente sobre la que se va a colocar la mezcla asfáltica es excesiva. Debido a esto, la rueda motriz del rodillo comenzará a Traquetear sobre la carpeta causando un desplazamiento de la mezcla y una superficie muy áspera. En estos casos se deberá girar el rodillo con la rueda trasera hacia adelante para compactar parcialmente la carpeta y entonces ya pueda proceder la rueda motriz sobre ella.

SEGUNDO RODILLADO O RODILLADO INTERMEDIO.

Este rodillado deberá seguir al rodillado primario tan cerca como sea posible mientras la mezcla permanece aún plástica y a una temperatura tal que se puede obtener la máxima

densidad. Para el rodillado intermedio se deberán usar rodillos de llantas neumáticas porque ofrece varias ventajas:

1. Proporcionan un grado de compactación más uniforme que los rodillos de ruedas de acero a lo largo de la carpeta que se compacta.

2. Mejoran el sello de la superficie, por lo tanto disminuye la permeabilidad de la carpeta.

3. Orientan mejor las partículas de los agregados produciendo mayor estabilidad.

La presión de contacto de la llanta deberá ser tan alta como sea posible sin causar desplazamiento de la mezcla que no pueda remediarse en el rodillado final.

El rodillado neumático no aumenta notablemente la densidad con relación a la obtenida con rodillos de ruedas de acero pero aseguran un mínimo de distorsión bajo tránsito pesado. EN consecuencia, el usar rodillos de llantas neumáticas para la compactación de mezclas asfálticas, se incrementa la estabilidad.

EL rodillado con llantas neumáticas deberá ser conti-

nno (cuando menos tres pasadas completas) hasta que toda la mezcla colocada sea compactada a fondo. No se deberá permitir el viraje de los rodillos que pueda causar desplazamientos indebidos. No obstante, que se prefieren los rodillos de llantas neumáticas, también se pueden usar rodillos tándem.

Ya sea que se usen rodillos Tándem de ruedas de acero o rodillos de llantas neumáticas, se desarrollará la norma de rodillado de la misma manera que en el rodillado inicial o primario. Este patrón se continuará hasta lograr la compactación deseada.

RODILLADO FINAL.

El rodillado final se realiza solamente para mejorar la superficie. Se lleva a cabo con tándems de dos o tres ejes mientras el material permanece caliente para borrar las huellas del rodillo.

AREAS INACCESIBLES A LOS RODILLOS.

Cuando la mezcla asfáltica se tiene en áreas inaccesibles a los rodillos se puede compactar con apisonadores manuales o mecánicos, o con compactadores vibratorios pequeños. Las placas de estos compactadores varían en tamaños desde un pie cuadrado (0.093 m^2) y hasta cerca de tres piescuadrados

(0.279 m²). Están constituidos de tal forma que se pueden usar en las esquinas y otras áreas donde los rodillos no pueden realizar su trabajo.

CORRECCION DE IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE.

Si aún subsisten irregularidades o defectos en las capas subyacentes después de haber completado la compactación, estos normalmente se pueden corregir retirando o agregando material.

En la capa superficial, el área afectada se deberá retirar por completo y reemplazar por suficiente material nuevo para dejar una superficie nivelada. Las más leves proyecciones de la superficie, juntas, y áreas porosas se deben rodillar hasta obtener una superficie lisa. La superficie final será de textura uniforme conforme el trazo y la pendiente mostradas en los planos.

EL inspector y el personal del contratista examinarán frecuentemente el tendido de la mezcla detrás de la pavimentadora para determinar si contiene demasiado o poco asfalto, o si existe segregación. Cualquiera de estas condiciones se debe corregir inmediatamente removiendo el material malo y reemplazando con mezcla nueva. si el material se ha compactado antes de nivelar o se descubren áreas desniveladas, éstas

se deberán remover hasta la profundidad necesaria colocando material nuevo.

CONTROL DE TRAFICO.

Se debe interrumpir el tráfico sobre la superficie de la carpeta recién tendida hasta que tenga una temperatura a la que no se marquen las huellas. Cuando el tráfico se va a mantener por medio de una construcción por partes, es necesario contar con suficientes señales de advertencia, convenientemente colocadas, para desviar el tráfico de la mezcla fresca. El contratista planeará su trabajo de tal forma que no vaya muy adelante en un lado causando así un gran inconveniente al tráfico con franjas muy largas de un solo sentido. Si es necesario el tráfico en un solo sentido en secciones de visual insuficiente o se carece de desviaciones laterales, se puede controlar el tráfico con bandereros o con un camión piloto.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES

La fabricación de mezclas para carpetas asfálticas se debe realizar siguiendo ciertas normas, para que sean lo suficientemente estables, con objeto de que no se vuelvan rugosas o vayan a presentar ondulaciones por acción del tránsito a los efectos del frenado del mismo. Para esto se realizan pruebas de laboratorio a los materiales que componen la mezcla asfáltica. Se ensayan en primer lugar los materiales por separado (agregados y asfalto) y posteriormente la mezcla ya elaborada.

El proceso de fabricación del concreto asfáltico se puede realizar en plantas de dos tipos.

- Plantas de mezcla continua
- Plantas de mezcla discontinua

El hecho de que existan dos tipos de plantas para producir mezclas asfálticas, no quiere decir que en alguna de ellas se realice con mejor calidad que en la otra. La diferencia que existe entre las plantas antes mencionadas es que en la planta continua se realiza la dosificación por volumen y en la discontinua por peso.

Los pasos principales para producir una mezcla asfáltica son los siguientes:

1. La predosificación de los agregados
2. Secado y calentado de los agregados
3. Colector de polvo
4. Crivado de los agregados calientes
5. Depósito en tolvas de material caliente
6. Depósito y suministro del cemento asfáltico
7. Mezclado
8. Almacenamiento

Es muy importante en el diseño de carpetas asfálticas, recomendar el cemento asfáltico adecuado según el clima de la región y los materiales a emplear.

Antes de realizar el tendido de la mezcla asfáltica se deben inspeccionar los siguientes puntos:

1. Preparación correcta de la base
2. Programa para la ejecución del trabajo
3. Balance apropiado entre la capacidad de la planta, medios de acarreo, equipo de tendido y equipo de compactación.
4. Buenas condiciones y ajuste correcto a todo el equipo

5. Proveer el pesado de la mezcla

A pesar de que en la fabricación se hayan llevado a cabo todos los pasos requeridos y se haya cumplido con las especificaciones, si en el momento de realizar el tendido se producen irregularidades, de nada serviría el trabajo que presentamos.

Un problema muy grande que existe en México es que no existe una supervisión adecuada al momento de realizar la obra. La práctica de la buena construcción ha demostrado que se obtienen los mejores resultados bajo un sistema doble de control. (1) El ingeniero del propietario diseña el proyecto y prepara los planos, las especificaciones y las estimaciones. (2) Los contratistas concursan en competencia y supervisan el trabajo que hacen sus trabajadores y su equipo, quedando todo sujeto a la inspección y aceptación del ingeniero.

Debido a este doble control de la supervisión y la inspección, la máxima cooperación entre el ingeniero y el personal del contratista es esencial para que la obra sea de buena calidad. Cada uno debe reconocer y respetar la posición del otro. El ingeniero como representante del propietario, tiene la responsabilidad de vigilar que se haga un trabajo de alta calidad y que cada fase de la construcción se haga de acuerdo a las especificaciones. Sólo de este modo

se pueden realizar obras de buena calidad que no requieran de reparaciones a corto plazo.