



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“EQUIPOS PARA PAVIMENTACIÓN
CON MEZCLA ASFÁLTICA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JOSÉ ANTONIO PÉREZ ESPINO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2007



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/090/06

Señor
JOSÉ ANTONIO PÉREZ ESPINO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"EQUIPO PARA PAVIMENTACIÓN CON MEZCLA ASFÁLTICA"

- INTRODUCCIÓN
- I. TIPOS DE ASFALTOS
 - II. PLANTAS DE MEZCLA ASFÁLTICA
 - III. EQUIPO PARA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA
 - IV. RECICLADO DE PAVIMENTOS
 - V. EJEMPLOS
 - VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 3 de octubre del 2006.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/AJP/crc.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo incondicional.

A Erika por su apoyo y comprensión.

A todos mis familiares, amigos, profesores y
compañeros (vivos y difuntos)
por permitirme compartir con ellos los malos
y buenos momentos.

A la UNAM, especialmente a la F.I.

A Fundación ICA, por el apoyo de impresión de esta tesis

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.	1
II.	TIPOS DE ASFALTO	4
	Definición de asfaltos	5
	Agregados	7
	Estructura de los pavimentos de asfalto	10
II.1	EMULSIONES	14
II.2	CEMENTOS ASFÁLTICOS	17
	Tipos y usos de los asfaltos en México	18
II.3	ASFALTOS MODIFICADOS	20
III.	PLANTAS DE MEZCLA ASFÁLTICA	24
	Plantas de asfalto.	25
III.1	PLANTAS DE BACHAS.	27
	Sistema de alimentación en frío	28
	Tambores de secado	29
	Cribas y compartimientos calientes	30
	Tolvas de pesaje	31
	Sistemas de almacenamiento	31
	Mezclado	32
	Silos de almacenamiento	33
III.2	PLANTAS CONTINUAS	34
	Sistema de alimentación en frío	35
	Tolvas de alimentación de agregados	35
	Tambor de mezclado	36
	Silos de almacenamiento	37
	Colectores de polvo	40
IV.	EQUIPO PARA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	45
	Preparación	46
	Reparación	48
IV.1	COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	51
	Camiones	51
IV.2	EQUIPO PARA LA DISTRIBUCION DEL ASFALTO	54
	Riego de liga (Petrolizadora)	54
	Extendedora, pavimentadora	57
IV.3	EQUIPO DE PAVIMENTACIÓN	61
	Elevadores	61
	Dispositivos de transferencia de materiales	62
	Nivelación	63
	Colocación	65
	Compactación	66

V.	RECICLADO DE PAVIMENTOS	<u>74</u>
	Fresado	<u>75</u>
	Reciclado	<u>80</u>
VI.	EJEMPLOS	<u>89</u>
	Aplicaciones y costos unitarios de equipo	<u>90</u>
	Problemas	<u>97</u>
VII.	CONCLUSIONES	<u>100</u>
	BIBLIOGRAFÍA	<u>103</u>
	PAGINAS WEB	<u>103</u>

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El tema de los asfaltos es muy extenso, el presente trabajo representa la investigación de los diferentes tipos de asfalto, sus orígenes y fabricación en las plantas asfálticas y, principalmente del equipo para su transporte y colocación haciendo un estudio de los costos de maquinaria con diferentes ejemplos de aplicación, también se trataran otros conceptos relacionados con el asfalto, como su producción y principalmente su colocación.

Una parte muy importante es la calidad del asfalto, esta depende de sus componentes, donde los agregados, las emulsiones y procedimientos de fabricación tienen una gran importancia. Los agregados deben cumplir con ciertas características así como las emulsiones que se tienen que determinar a partir de factores que están relacionados con las condiciones de la zona geográfica y las especificaciones del proyecto.

AMBIENTE

Un pavimento debe funcionar dentro de su ambiente. El ambiente puede variar grandemente a través del estado a cualquier momento y puede también variar grandemente a través de tiempo en cualquier lugar. Las variaciones ambientales pueden tener un impacto significativo en los materiales del pavimento y el subsuelo subyacente, que alternadamente pueden afectar drásticamente el funcionamiento del pavimento.

Para que se lleve a cabo el mezclado se requiere que la mezcla asfáltica se produzca en una planta central y de ahí se transporte. Una planta de asfalto debe ser capaz de mezclar y calentar los agregados y el cemento asfáltico. De estas plantas existen dos tipos:



- *Plantas de batch*

- *Plantas de producción continua.*

(Las cuales se analizarán con detalle en el desarrollo del capítulo 3).

Proceso constructivo

El método de construcción se analizará en el capítulo IV junto con los equipos para pavimentación, incluyendo una tabla de análisis de costos para maquinaria.



El pavimento reciclado es un producto muy utilizado, ya que una gran cantidad de toneladas de asfalto se muele en los caminos para realizar los diferentes proyectos cada año. De esta cantidad, 80 por ciento se reutilizan como “pavimento asfáltico reciclado” este tema se revisará en el capítulo V.



CAPITULO II

TIPOS DE ASFALTO

CAPITULO II: TIPOS DE ASFALTO

Definición de Asfaltos:

El asfalto es un material bituminoso sólido o semisólido, con propiedades adherentes, que se licua por calentamiento y en el cual los constituyentes predominantes son betunes (o bitúmenes) que existen en forma sólida o semisólida en la naturaleza, o que es producido por la destilación del petróleo crudo. Este proceso puede ocurrir naturalmente, dando por resultado los lagos de asfalto.

MATERIALES BITUMINOSOS

Los materiales bituminosos son todos aquellos materiales producto de la destilación compuesta de carbono o hidrógeno y de olor peculiar. Se pueden dividir en tres grupos: aquellos que son líquidos, los semisólidos y los sólidos.

En forma sólida es el asfalto un medio cementante (aglutinante), duro y de gran duración. Mediante el asfalto ha sido posible, el uso de agregados como grava y arena para la construcción de pavimentos permanentes de buena calidad. Al mismo tiempo es el asfalto uno de los conservadores mejor conocidos por el hombre y es posiblemente el material impermeabilizante más útil que existe. El asfalto es fácilmente manejable para todos los usos y puede ser transformado a formas sólidas, plásticas o líquidas; moldeado para dar cualquier forma y trabajado para revestimientos relativamente delgados.

Las carpetas pueden ser de materiales bituminosos, incluyendo los naturales o los asfaltos del petróleo, los alquitranes, o betún, de mezcla de hidrocarburos de origen natural o pirógenos, que pueden ser semisólidos, gaseosos, líquidos o sólidos y que son totalmente solubles en carbón.

El éxito de una pavimentación depende de tres elementos dominantes en el proceso, éstos son:

1. Los tipos y la granulometría del agregado.
2. El tipo y la condición de la carpeta; y
3. El método de construcción utilizado.

Mezclas.

Las mezclas asfálticas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- *Frías*: Elaboradas con asfaltos rebajados y con emulsiones asfálticas
- *Calientes*: Elaboradas en planta estacionaria.
- *Carpetas de riego*.

Mezclas Frías:

Las mezclas llamadas “frías” son producidas en el lugar; como su nombre lo indica, se incorporan los agregados con el cementante en frío; el cementante utiliza gasolina (para el caso de los asfaltos rebajados), agua (en el caso de las emulsiones), la mezcla puede transportarse a temperatura ambiente y solamente se ve limitado por bajas temperaturas.



También son utilizados asfaltos rebajados de fraguado rápido que se incorporan al pétreo previamente “acamellonado”; la dosificación se hace por volumen en forma aproximada, por lo que es muy difícil lograr un producto homogéneo. Generalmente se usan materiales “en greña” cuya granulometría no ha sido controlada.

Carpetas de Riego:

Son de uso muy generalizado en nuestro país y se reducen a la colocación de un riego de asfalto caliente sobre la base terminada, para regarles un producto pétreo fino, las que se adhieren a la base, la sellan y la protegen de la acción del tránsito. No añaden capacidad estructural a las capas de sub-base y base, las que habrán de soportar los esfuerzos que imprimen las cargas.



Mezclas Calientes:

En asfaltos de mezcla caliente, el asfalto funciona como un pegamento impermeable, termoplástico, visco-elástico. En proporciones, el asfalto comprende entre 4 y 8 % en cantidad y cerca de 25 - 30 % del costo de una estructura del pavimento de mezcla caliente dependiendo del tipo y de la cantidad. La industria de la pavimentación también utiliza cemento asfáltico, reducciones del asfalto y asfaltos modificados.

**Agregados**

El “agregado” es un término colectivo para la arena, la grava y los materiales minerales de piedra triturados en su estado natural o procesado.

La carga que es aplicada a un pavimento es llevada sobre todo por los agregados en la mezcla. La porción agregada de una mezcla comprende del 90% al 95% del peso del material. Los buenos agregados y su granulometría apropiada son críticos para el buen funcionamiento de la mezcla. Idealmente, una graduación de agregados debe cumplir con la condición de que requiera la cantidad mínima de cementante (que es lo más costoso del asfalto). El cemento asfáltico llena la mayor parte de los vacíos entre las partículas que lo componen.

Generalmente, el proyectista especificará una gama de las graduaciones permisibles para una mezcla de pavimento asfáltico, la granulometría de los agregados permisibles es señalada por el tamaño máximo de agregado nominal, los más usados en pavimentos son de 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, y ⅜”.

Durante el proceso de diseño de la mezcla asfáltica, las proporciones necesarias de cada tamaño agregado son determinadas; durante la producción del asfalto, los agregados se mezclan. El método usado para combinar los agregados durante la producción depende del tipo de producción. Además de la granulometría, la limpieza, la resistencia al desgaste y a la abrasión, la textura, la porosidad, y la resistencia a deshacerse (desprendimiento entre el asfalto y el agregado) es importante la cantidad de material orgánico, ya que este material presente en el agregado reducirá la capacidad de carga de un pavimento. La inspección visual puede identificar un problema de agregado limpio.

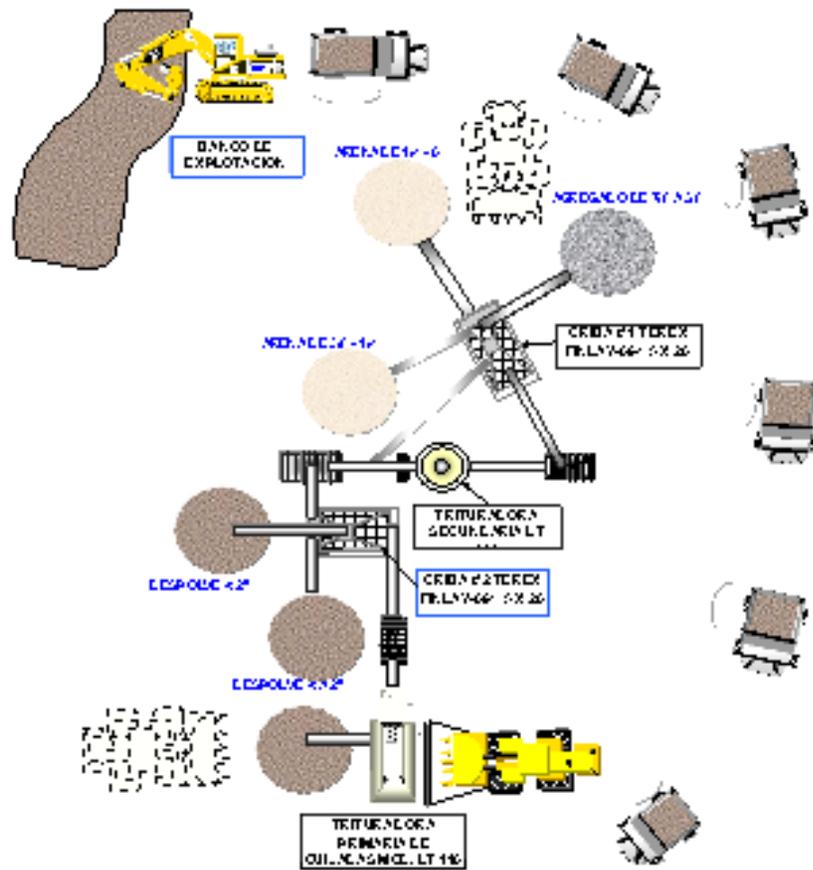
Orígenes y Producción de Agregados

Los agregados pueden ser naturales o manufacturados. Los agregados naturales se extraen generalmente de formaciones de roca más grandes a través de una excavación abierta. La roca se excava de las paredes del banco después se reduce generalmente de tamaño usando una serie de cribas y de trituradoras, y cuando se hace necesario debe lavarse el agregado. La roca manufacturada consiste típicamente en subproductos industriales tales que se produzcan para tener una característica física particular no encontrada en roca natural.

Los agregados se pueden clasificar por sus características físicas, químicas y minerales.

La industria del pavimento confía típicamente en las características físicas para la determinación del funcionamiento.

Estas características de un agregado son un resultado directo de sus características mineral y química.



Esquema de trituración para obtención de agregados

Tamaño máximo:

El tamaño máximo del agregado puede producir en los asfaltos, la inestabilidad que puede ser resultado de tamaños excesivamente pequeños; y la capacidad para trabajar y/o las segregaciones pobres pueden resultar de los tamaños excesivamente grandes.

Tamaño máximo nominal:

Es el tamaño que queda en la criba más grande generalmente no es más del 10 % del peso. Durante la elaboración de un proyecto es importante especificar si se está refiriendo el "tamaño máximo" o el "tamaño máximo nominal".

Medida:

La granulometría es medida generalmente por un análisis de cribas. En un análisis de cribas, una muestra del agregado seco del peso conocido se separa con una serie de cribas con aberturas progresivamente más pequeñas.

Una vez que esté separado, el peso de partículas conservadas en cada criba se mide y se compare al peso total de la muestra.

La distribución de tamaño de partícula entonces se expresa como por ciento conservado por peso en cada tamaño de criba. Los resultados se expresan generalmente en formato tabular o en una gráfica semilogarítmica.

Dureza y Resistencia a la Abrasión:

Los agregados deben ser duros y bastante resistentes a la compresión, la degradación y desintegración durante actividades tales como fabricación, almacenamiento, producción, colocación y compactación.



OBTENCIÓN DE AGREGADOS



PLANTA TRITURADORA

Durabilidad:

Los agregados deben ser resistentes a la acción de agentes atmosféricos, es decir a su desintegración y desgaste ya que si no son suficientemente durables pueden causar fallas prematuras del pavimento.

Peso Específico:

El peso específico es utilizado en la fabricación para analizar conversiones del peso-volumen y en calcular el contenido de vacíos en la mezcla asfáltica.

Limpieza:

Los agregados deben estar relativamente limpios cuando están utilizados en las mezclas asfálticas. La vegetación, las partículas suaves, los terrones de la arcilla, exceso del polvo y la materia vegetal pueden afectar su funcionamiento degradando rápidamente el producto.

Estructura de los Pavimentos de Asfalto

Las carpetas de asfalto ofrecen gran flexibilidad al construir los pavimentos adaptados a las necesidades de la situación local. El proceso, la selección de material y la construcción varían dependiendo del tipo de pavimento.

MEZCLA ASFALTICA CALIENTE

Las características y la cantidad agregadas de cemento asfáltico se diseñan específicamente para cubrir las necesidades de la carpeta. El cemento asfáltico y los materiales del curso superficial se producen en una planta, en donde los agregados y la carpeta se calientan y se mezclan para producir el concreto asfáltico caliente.

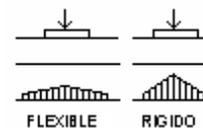
Los pavimentos asfálticos se construyen como sistemas estratificados. El pavimento de asfalto se conforma sobre la sub-rasante, agregando una sub-base granular, una base granular, capas de revestimiento y en la superficie una capa de rodamiento.

Se trata de un material termoplástico que tiene un comportamiento reológico visco-elástico, que permite conformar pavimentos flexibles para distintas solicitaciones, por lo que se aplica tanto en calles con tránsito reducido (de 3 a 4 cm. de espesor), como en autopistas con tráfico pesado (de 22 a 25 cm.), y en diferentes zonas climáticas.

La estructura del pavimento asfáltico es muy utilizada. Las mezclas de asfalto caliente proporcionan un pavimento de calidad para situaciones con altas demandas de cargas. Sin embargo, en forma general existen dos tipos de revestimientos en una pavimentación: los rígidos (que no son tema de nuestro estudio) y los flexibles.

MODELACIÓN MECANICISTA DE UN PAVIMENTO

Existen en general dos clases de estructuras de pavimento, los flexibles y los rígidos; la principal diferencia entre estos es la forma como reparten las cargas.



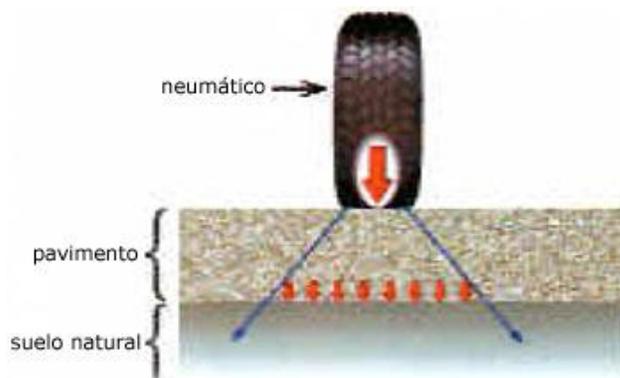
Pavimentos rígidos: Los que se emergen con el concreto del cemento pórtland (PCC). Estos tipos de pavimentos se llaman “rígidos” porque son substancialmente más tiesos que los pavimentos flexibles debido a la alta rigidez del PCC.

Pavimentos flexibles. Son los que se emergen con los materiales bituminosos (o asfalto). Estos tipos de pavimentos se llaman “flexibles” puesto que la estructura total del pavimento “se dobla” debido a las cargas del tráfico. Una estructura del pavimento flexible se compone generalmente de varias capas de los materiales que pueden acomodar esto “que dobla”.

Los pavimentos flexibles tienen una superficie de tránsito construida con una combinación de los agregados y el asfalto. Estos dos elementos son la materia prima que se puede proporcionar, y mezclar de muchas maneras para producir una superficie del pavimento conveniente a las condiciones locales.

El agregado y el asfalto que componen el material para un pavimento deben proporcionar una estructura estable capaz de apoyar las cargas impuestas por las llantas y resistir el mecanismo de compactación que y el movimiento transmitido a la estructura.

La superficie del pavimento será sujeta al desgaste abrasivo, mientras que la sección entera tendrá que resistir el movimiento estructural, además la mezcla del asfalto debe sellar la base, la sub-base, y el subsuelo para prevenir la intrusión del agua. Esto está debido a la influencia de la humedad en la fuerza de suelos subyacentes. La eficacia de combustible del vehículo, la calidad y la seguridad son afectadas por la textura superficial, los efectos de la humedad, la acción del calor y el frío pueden ser muy destructivos a los pavimentos. Estos objetivos fijan los criterios del funcionamiento de una sección del pavimento. El propósito de diseñar una buena mezcla de agregados y asfalto es alcanzar un producto final que satisfaga todos estos objetivos.



Cargas

Las cargas son las fuerzas del vehículo ejercidas en el pavimento; puesto que una de las funciones primarias de un pavimento es distribución de carga, el diseño del pavimento debe contemplar las cargas previstas del tráfico durante el curso de su vida útil.

Las cargas, que son las fuerzas del vehículo ejercidas en el pavimento, se pueden caracterizar por las cargas que transmite el neumático, las configuraciones del vehículo la, repetición de la carga, la distribución del tráfico a través del pavimento y velocidad del vehículo.

Caracterización de la carga

Cargas del neumático. Son las cargas fundamentales en los puntos de contacto reales del neumático-pavimento.

Configuraciones del eje y del neumático. Mientras que la presión y el área del contacto del neumático son muy importantes, el número de los puntos de contacto por el vehículo (numero de ejes) y su distancia son críticos. Ya que las cargas del neumático mientras estén más juntas consiguen que sus áreas de influencia en el pavimento comiencen a traslaparse, y este efecto es muy importante.

Repetición de la carga. Las cargas, junto con el ambiente, dañan el pavimento en un cierto plazo. El modelo estándar afirma que cada carga individual inflige cierta cantidad de daño irrecuperable. Este daño es acumulativo sobre la vida del pavimento y cuando alcanza un cierto valor máximo el pavimento se considera haber alcanzado el final de su vida útil de servicio.

Distribución del tráfico. En cualquier camino dado, cada carril lleva una diversa porción de la carga. El carril externo derecho la mayoría de las veces lleva el mayor tránsito y se sujeta generalmente a la carga más pesada.

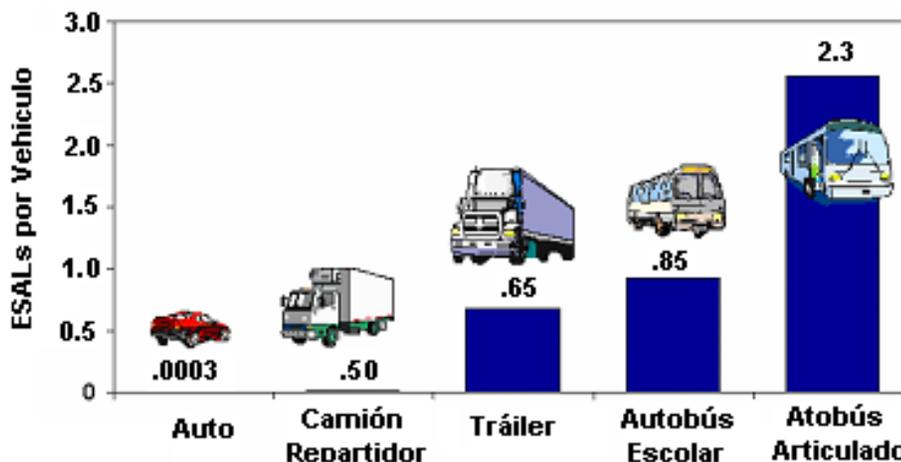
Velocidad del vehículo. Las velocidades más reducidas y las condiciones de parada permiten que una carga particular sea aplicada a un área del pavimento por un período del tiempo más largo dando por resultado un daño mayor. Si el diseño de la mezcla o el diseño estructural han sido inadecuados, este comportamiento es evidente en las paradas de autobús y los puntos de cruce (donde el tráfico para y espera para pasar a través de la intersección).

Cuantificación de la carga: El diseño estructural del pavimento requiere una cuantificación de todas las cargas previstas que un pavimento encontrará sobre su vida de diseño.

Esta cuantificación se hace generalmente en una de dos maneras:

Cargas Equivalentes de los Ejes (ESALs). Esta aproximación convierte las cargas de la llanta de varias magnitudes y repeticiones (“combinación del tránsito”) a un número equivalente y para los análisis se manejan cargas “equivalentes” basadas en la cantidad de daño que hacen al pavimento. La carga estándar de uso general es 8.5 toneladas como carga equivalente de eje.

Usando el Método de ESAL, todas las cargas (incluyendo los ejes múltiples), se convierten a un número equivalente en toneladas que carga un solo eje, y este valor se utiliza para el diseño como “un factor de la equivalencia de la carga”. Este factor representa el número equivalente de ESALs para la combinación dada del peso-eje. Como regla, la equivalencia de una carga particular (y también el daño del pavimento impartido por la misma) es relacionado con la carga (para las superficies del pavimento).



Algunos valores característicos de Factores de Carga Equivalente

El cuadro, usando algunas aproximaciones, demuestra algunas equivalencias generales de la carga del vehículo; observar que los autobuses tienen altos factores de la equivalencia de la carga porque aunque pueden ser más ligeros que un camión cargado, tienen solamente dos o tres ejes en vez de cinco.

Espectros de carga: Este acercamiento caracteriza cargas directamente por el número de ejes, de la configuración y del peso. No implica la conversión a los valores equivalentes. Los cálculos estructurales del diseño que usan espectros de carga son generalmente más complejos que éstos que usan ESALs porque el cargamento no se puede reducir a un número equivalente.

Los espectros de carga serán una opción para el uso en la nueva guía del diseño. Ambos acercamientos utilizan el mismo tipo y calidad de datos pero el acercamiento de los espectros de la carga tiene el potencial de ser más exacto en su caracterización de la carga.

Características Físicas del Asfalto

El asfalto se puede clasificar por su composición química y características físicas. La industria del pavimento confía típicamente en las características físicas para la caracterización del funcionamiento. Las características físicas de un agregado son un resultado directo de su composición química. Típicamente, las características físicas más importantes son:



MUESTRAS DE LABORATORIO DE ASFALTOS

Durabilidad. La durabilidad es una medida de cómo las características físicas de la carpeta de asfalto cambian con la edad. Generalmente cuando la carpeta de asfalto envejece, su viscosidad aumenta y llega a ser más rígida y frágil.

Reología. La reología es el estudio de la viscosidad, la plasticidad, la elasticidad y en general la deformación y del flujo de la materia. La deformación y el flujo de la carpeta de asfalto son importantes en el funcionamiento del pavimento. Los pavimentos de mezcla asfáltica que se deformen demasiado debido al flujo pueden ser susceptibles a llenarse de baches, mientras que los que son demasiado rígidos pueden agrietarse debido a fatiga.

Seguridad. Al colocar el asfalto, el cemento como la mayoría de los otros materiales, volatiliza (emite vapor) cuando se está calentado.

En las temperaturas altas sufridas durante su fabricación y construcción el cemento del asfalto puede lanzar bastante vapor para aumentar la concentración volátil inmediatamente sobre el cemento asfáltico a un punto donde se encenderá cuando está expuesto a una chispa o a una llama abierta. Esto se llama el punto de destello. Por razones de seguridad, el punto de destello del cemento del asfalto se prueba y se controla.

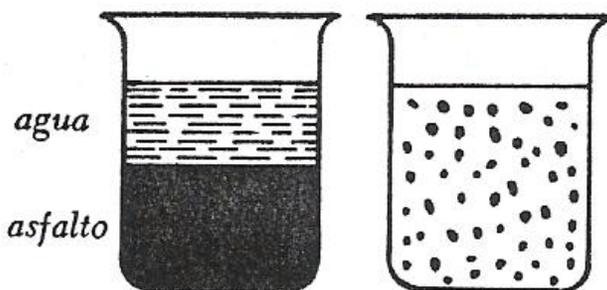
Pureza. Asfaltar el cemento, como el utilizado en mezclas de asfalto caliente para pavimentar, debe consistir en utilización del betún casi puro. Las impurezas no son componentes de cementación activos y pueden ser perjudiciales al funcionamiento del asfalto.

II.1 EMULSIONES

Las emulsiones asfálticas son productos bituminosos obtenidos por la dispersión de pequeñas partículas de un betún asfáltico en agua o en una solución acuosa con un agente emulsionante; además de los tres productos básicos (betún asfáltico, agua y emulsionantes), pueden contener otros tales como materia mineral fina, hule, etc.

Las emulsiones de asfalto usan agua como complemento, la que, ubicada entre las partículas del cemento las separan, permitiendo su transporte en forma de líquido. Las emulsiones asfálticas, que se emplean en la construcción de pavimentos, han tomado un importante realce en la fabricación de carpetas asfálticas.

Podemos definir a las emulsiones desde el punto de vista fisicoquímico como una dispersión fina de un líquido en otro, no miscibles entre sí.



Dentro de una emulsión, los líquidos que la forman constituyen dos partes que se llaman respectivamente:

- Fase dispersa o discontinua.
- Fase dispersante o continua.

Existen dos tipos de emulsiones según la concentración de cada una de estas fases: la emulsión directa es aquella en que la fase hidrocarbonada está dispersa en la parte acuosa; y la inversa en que la fase acuosa está dispersa en la parte hidrocarbonada.

EMULSIONES

Las emulsiones se pueden clasificar de la siguiente manera:

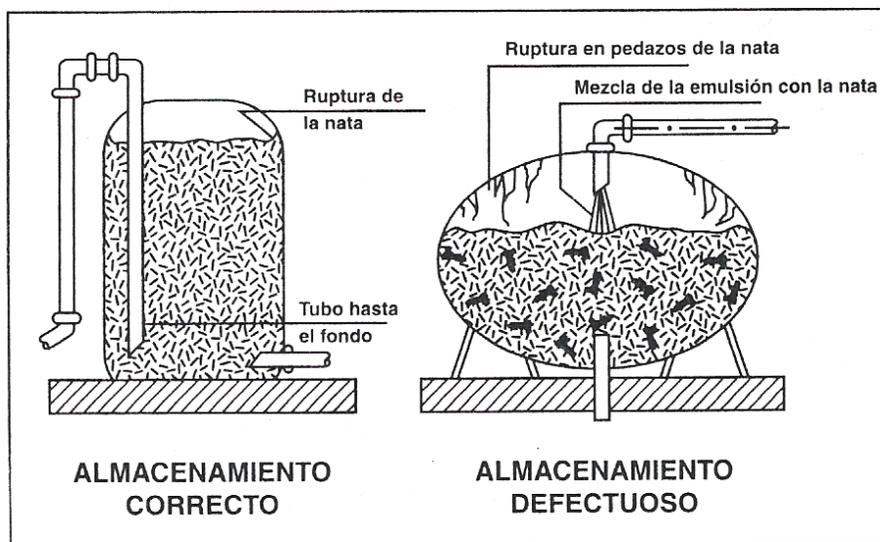
- Aniónicas
- Catiónicas

Es preferible el empleo de emulsiones directas por su baja viscosidad a temperatura ambiente; éstas son las que se emplean en la construcción de caminos.

Recepción y Almacenamiento: En el envase del producto deben figurar sus incompatibilidades y el intervalo de temperaturas en el que debe ser aplicado. En la recepción del material debe controlarse que toda la partida suministrada sea del mismo tipo. Si durante el almacenamiento las emulsiones asfálticas se sedimentan, deben poder adquirir su condición primitiva mediante agitación moderada.

Las únicas precauciones que se deben tomar son las siguientes:

- Los depósitos deben estar libres de natas o residuos de otros productos químicos, materiales extraños o emulsiones diferentes a las que van a almacenar.
- Cuando se hallan almacenado emulsiones, previamente se deben de identificar y determinar el tipo para evitar que rompa la emulsión o cambie sus características.
- Cuando se va a descargar emulsión sobre la ya almacenada es necesario que el tubo de descarga llegue hasta el fondo, para no romper la nata de la superficie, de otro modo corre el riesgo de obstruir las bombas.



Instalación correcta e incorrecta de un tanque para almacenar emulsiones.

Condiciones de aplicación: Las emulsiones asfálticas no deben aplicarse cuando la temperatura ambiente sea menor que 5°C. Las emulsiones asfálticas deben ser homogéneas y no mostrar separación de agua ni coagulación del betún asfáltico emulsionado.

Al incorporarse al pétreo, según la carga eléctrica que presente, habrá de permitir su acercamiento con el cementante, expulsando al agua, que hasta entonces había mantenido separadas las partículas de cementante; así se formara una estructura de agregados y cementante que constituye la mezcla.

Al momento de la expulsión del agua se le conoce como “rompimiento” de la emulsión y es hasta entonces cuando debe procederse a la compactación.

Las mezclas pueden hacerse en camellones o en máquinas revoledoras. Por lo que su uso queda restringido a carpetas de caminos de poca intensidad de tránsito, bacheos y desde luego bases estabilizadas de autopistas y aeropuertos.

Las emulsiones se fabrican en varios grados y los tipos además del ASSHTO especificaron emulsiones, muchos estados tienen especificaciones para las emulsiones del asfalto adaptadas a sus condiciones locales.

CAPA DE RIEGO.

Un uso ligero del asfalto líquido emulsionado generalmente con agua ayudan a asegurar un enlace entre la superficie que era pavimentada y la estera nueva que se está colocando.

Aunque hay una gran variedad de las emulsiones disponibles, el SS1 y SS-1H son las emulsiones predominantes de los asfaltos usados para la prima y las capas de riego.



Los usos primarios de los cementos asfálticos están para las capas primeras de las capas de riego durante la construcción del pavimento, y como la carpeta para los cementos, los sellos de mezcla, y los materiales superficiales de la plantilla de la liga. Para la liga y las capas primeras y los tratamientos de la carpeta es aplicada rociando a través de un camión distribuidor.

II.2 CEMENTOS ASFÁLTICOS

Cemento Asfáltico. Es el material preparado en una planta caliente de mezcla y usado para las carreteras, o los campos de aviación que tienen altos volúmenes de tráfico y cargas de las llantas.

Algunos agregados y cementos asfálticos tienen problemas de compatibilidad y el asfalto se separará del agregado durante la vida útil del pavimento. Este problema se evalúa durante el diseño de mezcla, y si las pruebas indican la posibilidad de que exista desprendimiento, es necesario un aditivo que evite este fenómeno, el cual será especificado. Los materiales líquidos que previenen el desprendimiento se agregan al cemento asfáltico caliente durante la producción de la mezcla.

El cemento refinado del asfalto es un material visco-elástico que se comporta como líquido en las temperaturas altas y como sólido elástico en las bajas temperaturas. En las temperaturas de funcionamiento del pavimento, el cemento asfáltico tiene una consistencia semisólida. Para la construcción, el cemento se debe poner en un estado líquido a los agregados de la mezcla y de la capa.

El cemento asfáltico se puede calentar a una condición líquida, aproximadamente a 155 °C, antes de mezclarse con los agregados o convertir a un producto líquido por la dilución o la emulsificación.

La calidad del cemento asfáltico usada para la construcción de las vialidades es controlada con especificaciones. Estas pruebas evalúan las características físicas del cemento asfáltico.

Los Grados de Viscosidad del Cemento Asfáltico:

Esta es una clasificación muy amplia que el cemento asfáltico basó en viscosidad a una temperatura de 60°C, ASSHTO M226 especifica dos condiciones del cemento asfáltico, CA y AR.

La primera está basada en realizar pruebas al cemento asfáltico en el estado como es producido, es decir antes de colocarlo. La segunda se basa en la prueba del cemento asfáltico después de que se haya fijado.

El proceso de fijación simula endurecer del cemento asfáltico durante el proceso de la construcción. Las especificaciones de la viscosidad y de la penetración eran eficaces en controlar la calidad; sin embargo, las pruebas realizadas para estas especificaciones no se podían utilizar para relacionar la calidad del cemento asfáltico con funcionamiento del pavimento.

Grados del Funcionamiento de los Cementos Asfálticos.

Los valores del sistema del grado del funcionamiento se señalan basadas en la gama de uso de temperatura del cemento del asfalto como PGhh-11, donde la PG identifica la especificación del grado del funcionamiento, hh identifican el uso de alta temperatura para el cemento del asfalto los grados centígrados, y 11 identifica la designación de la baja temperatura para el cemento del asfalto en grados centígrados.

Cemento Asfáltico Líquido

Para permitir la construcción sin tener que calentar el cemento asfáltico a 155°C, dos de los métodos se han desarrollado para reducir el cemento asfáltico a un estado líquido son: reducciones y emulsiones.

- Las *reducciones* del asfalto son una mezcla del cemento del asfalto y un producto del combustible rápido, medio, y lento cuyas reducciones pueden ser formuladas diluyendo el asfalto con gasolina, diesel, y petróleo/combustible, respectivamente.
- Las *emulsiones* son la otra opción para preparar un asfalto líquido. Las emulsiones del asfalto son producidas usando un molino coloidal analizando el cemento del asfalto los “glóbulos” que se introducen en el agua que se ha tratado con un agente emulsionando. El agente emulsionando es un material que permite a los glóbulos del cemento del asfalto seguir suspendidos en el agua.

Debido a la seguridad, y a las preocupaciones ambientales, emulsiones del asfalto han desplazado en gran parte a las reducciones o “cutbacks” que no sólo provocan daños ecológicos en el medio ambiente, sino también tienen altos costos por el empleo de solventes.

Tipos y Usos del Asfalto en México

Tomando en cuenta las condiciones de clima del país, los materiales pétreos disponibles y la experiencia generada por las técnicas constructivas nacionales, la producción de PEMEX – Refinación ha estado encaminada a elaborar asfaltos tipos AC-5, AC-10, AC-20 y AC-30.

En la siguiente tabla se presentan las recomendaciones generales para cada uno de los elementos asfálticos con la finalidad de darles un mejor uso en la construcción y en el mantenimiento de las obras de pavimentación en México.

CLASIFICACIÓN	VISCOSIDAD 60°C Pa*s (P)	USOS MAS COMUNES
AC - 5	100 ± 20 (1000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> - En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona I - En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.
AC - 10	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> - En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones identificadas como Zona II - En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen En carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riego, En las regiones indicadas como Zona I
AC - 20	200 ± 40 (2000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> - En la elaboración de carpetas de mezclas en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona III - En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío , así como en carpetas por el sistema de riegos dentro de las regiones indicadas como Zona II
AC - 30	300 ± 60 (3000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> - En la elaboración de carpetas de mezclas en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona IV - En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío , así como en carpetas por el sistema de riegos dentro de las regiones indicadas como Zonas III y IV - En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como de riegos de impregnación.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS CARACTERIZADOS POR VISCOSIDAD EN EL PRODUCTO ORIGINAL A 60°C

Esta distribución se basa en condiciones climáticas y no incluye otras variables importantes como el tipo de agregado pétreo, la intensidad del tránsito y otros factores como el NAF. Por lo que para realizar una mezcla asfáltica de calidad deberán tomarse en cuenta estas variables.



II.3 ASFALTOS MODIFICADOS

Entre los materiales innovadores están los asfaltos modificados que se utilizan en las mezclas asfálticas de alto rendimiento, especialmente pensadas para evitar las deformaciones y fatigas, y las emulsiones asfálticas que se emplean en técnicas de conservación de los pavimentos.

- **Asfalto con fibras de celulosa (SMA):**

Es una mezcla asfáltica de gran estabilidad y duración y está formada por agregados pétreos de alta calidad. Con granulometría discontinua que permite obtener una estructura granular gruesa con contacto entre partículas, y maximizando la fricción interna de la mezcla.

El SMA está formado por relleno árido (material fino), ligante asfáltico que puede ser tanto cemento asfáltico tradicional o modificado y fibras. Resiste la fatiga debido al gran porcentaje de ligante asfáltico y bajo contenido de vacíos, es decir, evita el agrietamiento por esfuerzos repetidos y cuenta con larga vida útil.

El uso de fibras permite maximizar el contenido ligante, de manera de obtener una mezcla estable, evitando el escurrimiento en la elaboración y almacenamiento y la exudación. Se aplica en lugares donde se ejercen elevadas tensiones sobre el pavimento como intersecciones con semáforos, rotondas, puertos, autopistas, vías de tránsito lento y pesado, pistas de aterrizaje y otros.

- **Asfalto Multigrado:**

Se trata de cementos asfálticos modificados sin polímeros, que se utilizan en las mezclas asfálticas para capas de rodadura en pavimentos que aumentan su capacidad estructural de resistencia, y disminuyen la susceptibilidad térmica, el cemento asfáltico multigrado puede definirse como similar a los aceites multigrados, es decir, conserva las propiedades en un amplio rango de temperaturas.

En su elaboración se emplean aditivos y catalizadores de la base asfáltica, la que es sometida a reacciones químicas controladas. Además, posee propiedades reológicas mejoradas, otorgando un mejor comportamiento.

- **Modificado con Hule:**

Se trata de una mezcla asfáltica en caliente modificada con polvo obtenido de neumáticos de desechos.

Posee características favorables desde el punto de vista ambiental y vial. Por una parte presenta mejores respuestas en condiciones climáticas extremas, y por otra permite reutilizar el hule proveniente de los neumáticos, un material difícil de reciclar.

- **Emulsiones para la Impregnación:**

La función principal es aglomerar la capa superficial de la base granular compactada y proveer una superficie que permita una adherencia entre la base y la capa asfáltica superior. Estas emulsiones especiales reemplazan a los asfaltos rebajados, que producen contaminación por su alto contenido de solvente al evaporarse.

Esta nueva técnica de impregnación resulta más amigable con el medio ambiente, ya que el curado contempla esencialmente la evaporación de agua a diferencia del solvente de los asfaltos rebajados. Además se puede aplicar a temperatura ambiente y posee un curado más rápido que permite una pronta aplicación de la mezcla asfáltica o tratamiento superficial. «Las emulsiones para la impregnación se han masificado a tal grado que las han logrado introducir en la especificación de los contratos como una alternativa válida, y podrían reemplazar completamente a los asfaltos rebajados por sus favorables factores medioambientales y de seguridad».

La impregnación de las bases, previo a la colocación de la capa asfáltica, actúa como supresor de polvo durante el período de construcción y a la vez se convierte en una capa de impermeabilización, protegiendo del tráfico y la lluvia.

- **Tradicional Mejorado:**

Una experiencia que no necesariamente incluyó una innovación pero sí una evolución en el material, «En el proyecto especificaba la construcción con pavimentos asfálticos, por lo tanto el primer desafío consistió en optimizar al máximo la interpretación de una mezcla asfáltica 'tradicional'».

Esto se logró, en primer lugar modificando las especificaciones del cemento asfáltico a 60 °C, con el objetivo de construir mezclas con mayor resistencia a la marca de las huellas.

Por otro lado, se incorporó un aditivo mejorador de adherencia, que aumenta la afinidad entre el agregado pétreo y el cemento asfáltico, impidiendo el ingreso del agua al pavimento y prolongando su vida útil.

También se mejoraron las características de los agregados pétreos, principalmente se exigió que como mínimo los áridos utilizados contaran con un 95% de partículas con 4 caras fracturadas, lo que mejora el enlace mecánico entre éstas, aumentando la resistencia a la marca de las llantas.

Modificantes de la Carpeta de Asfalto.

Algunos cementos del asfalto requieren la modificación para resolver especificaciones. La modificación del cemento del asfalto se ha practicado por más de 50 años pero ha recibido la atención agregada en la última década o tan. Hay añadidos numerosos de la carpeta disponibles en el mercado hoy.

Las ventajas del cemento modificado del asfalto se pueden observar solamente por una selección juiciosa de los modificantes; no todos los modificantes son apropiados para todos los usos.

El cemento asfáltico se debe modificar generalmente para alcanzar los tipos siguientes de mejoras:

- Bajar la rigidez (o la viscosidad) en las temperaturas altas asociadas a la construcción. Esto facilita el bombeo de la carpeta de asfalto líquida así como mezclarse y de la compactación de mezcla de asfalto caliente.

- Una dureza más alta en las altas temperaturas del servicio. Esto reducirá las señales que dejan las ruedas de los vehículos.

- *Bajar la rigidez y características más rápidas de la relajación en las temperaturas bajas del servicio.* Esto reducirá los agrietamientos.

- *Adherencia creciente entre la carpeta de asfalto y el agregado en presencia de la humedad.* Esto reducirá la probabilidad de desprendimientos.

Otras formas de Asfalto usadas en la Pavimentación.

Además del cemento del asfalto, otras tres formas de asfalto que se utilizan de manera importante en la industria de la pavimentación son:

Asfalto Emulsionado.

El asfalto emulsionado es una suspensión de los glóbulos pequeños del cemento del asfalto en el agua, que es asistida por un agente emulsionando (tal como el jabón).

Las emulsiones tienen viscosidades más bajas que el asfalto y se pueden utilizar así en usos de la baja temperatura. Después de una emulsión se aplica el agua, se evapora y solamente se deja el cemento del asfalto. Las emulsiones son de uso frecuente como las capas primeras y capas de riego.

Asfalto Reducido.

Un asfalto de la reducción es una combinación del solvente del cemento y del petróleo del asfalto. Como emulsiones, las reducciones se utilizan porque su viscosidad es más baja que la del asfalto limpio y se pueden utilizar así en usos de la baja temperatura. Después de una reducción se aplica el solvente se evapora lejos y solamente se deja el cemento del asfalto.

Las reducciones son hoy mucho menos comunes porque el solvente del petróleo es más costoso que el agua y pueden ser una preocupación ambiental. Las reducciones se utilizan típicamente como las capas primeras y capas de liga.

Asfalto hecho Espuma.

El asfalto hecho espuma es formado combinando la carpeta de asfalto caliente con cantidades pequeñas de agua fría. Cuando el agua fría entra en contacto con la carpeta de asfalto caliente, se atrapa en las burbujas minúsculas de la carpeta de asfalto y el resultado es una espuma del asfalto con una película delgada. Este estado de la espuma del alto volumen dura solamente para algunos minutos, después de lo cual los estudios de la carpeta de asfalto recuperan sus características originales.

El asfalto hecho espuma se puede utilizar como carpeta en la estabilización del curso del suelo o de la base, y es de uso frecuente como el agente que se estabiliza.

CAPITULO III

PLANTAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

CAPITULO III: PLANTAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

MEZCLADO:

Mezclas en planta: Como su nombre lo indica, esta operación se lleva a cabo en plantas diseñadas especialmente para este propósito.

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

En los procesos constructivos de mezclas asfálticas tanto frías como calientes pueden distinguirse claramente 3 etapas:

- Mezclado.
- Tendido.
- Compactación.

PLANTAS DE ASFALTO

El proceso de fabricación del asfalto, requiere una planta altamente controlada. Dichas plantas tienen muchos componentes que requieren cuidados en sus funciones específicas. Estas funciones consisten en manejar los agregados calificados, calentarlos y quitar la humedad en ellos, cuentan con un sistema con el cual son capaces de clasificar de nuevo los agregados ya calientes para proporcionar, junto con el material bituminoso (previamente calentado), mezcla asfáltica, mientras que al mismo tiempo satisface normas ambientales importantes, particularmente en el área de las emisiones del aire.

El asfalto de tipo caliente-mezclado se produce en una planta central y se transporta al sitio de pavimentación en camiones.



Para proporcionar una vista rápida de una planta de producción del asfalto se presentarán esquemas y descripciones de los diferentes componentes de las plantas de producción de asfalto.

Como plantas de asfalto se distinguen principalmente dos tipos:



- *Plantas de producción discontinua o de batchas.*

Las plantas tipo batcha han sido aceptadas tradicionalmente como las más precisas por cuanto el secado se hace separadamente y la dosificación se hace íntegramente por peso.

- *Plantas de producción continua.*

Son las más económicas, fáciles de trasladar, montar y mantener y su operación es muy sencilla.



Mientras que el proceso en las plantas continuas y las discontinuas es diferente hay muchos elementos similares que varían solamente en algunos detalles entre los tipos de plantas. A continuación se analizarán cada uno de ellos.

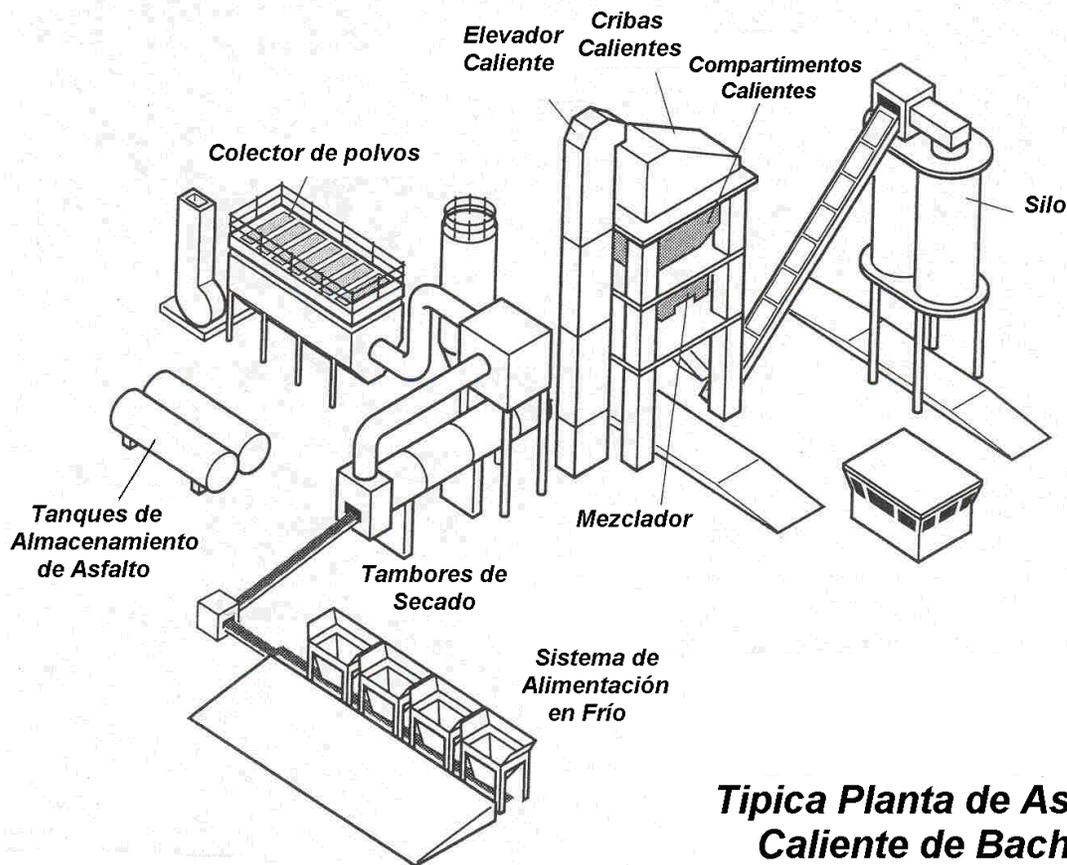
La transportación del producto final de la planta es mediante camiones; el peso vacío y cargado de los camiones transportadores del material se mide y se obtiene la diferencia entre estos pesos para determinar el peso únicamente de la carga. Las cantidades de los camiones deben ser calibradas y certificadas.

III.1 PLANTAS DE BACHAS

Plantas de Bachas

Las plantas de bachas datan del principio de la industria del asfalto, proporcionan y mezclan el asfalto con los agregados en hornos individuales. Sus componentes primarios en el orden del flujo material son:

- Sistema de alimentación en frío (tolvas).
- Tambores de secado.
- Elevador caliente.
- Cribas calientes.
- Compartimientos calientes.
- Mezclador de Asfalto.
- Dirección del sistema.
- Colectores de polvo.
- Silo de almacenamiento.



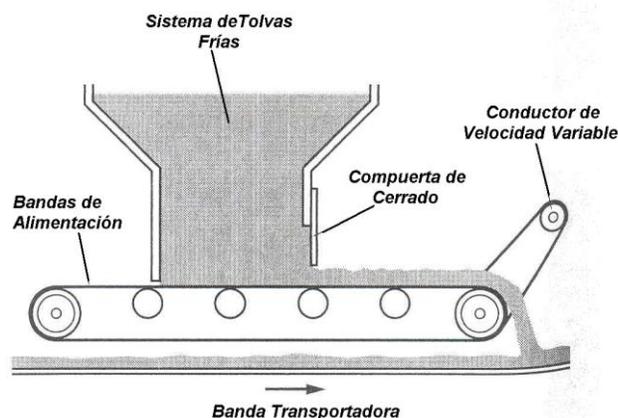
Tipica Planta de Asfalto Caliente de Bachas

Sistema de alimentación en frío

Las tolvas o compartimientos fríos de alimentación, proporcionan almacenamiento de los agregados y un flujo uniforme del material correctamente clasificado para mezclarse. Este sistema consiste generalmente en cuatro compartimientos abiertos por la parte superior montados juntos como una sola unidad. El tamaño de los compartimientos es proporcional con la capacidad de funcionamiento de la planta. Los compartimientos individuales tienen costados escarpados para provocar el flujo del material. En el caso de algún agregado pegajoso puede ser necesario tener vibradores en la pared.



En el fondo de cada compartimiento está una puerta para controlar el flujo material y una unidad del alimentador para medir el flujo. El operador de la planta ajusta el flujo de agregados de cada compartimiento para asegurar un suficiente flujo del material para mantener una carga adecuada de agregados a los compartimientos calientes.



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN FRÍO

Los transportadores de bandas o de vaivén son el equipo más común en casi todos los tipos de plantas para transportar los agregados pétreos fríos de las tolvas al tambor de secado.

Tambores de Secado

Los propósitos de un tambor de secado son calentar y secar los agregados de la mezcla.

Esto es necesario ya que si el agregado se ha calentado excesivamente, el asfalto se endurecerá al mezclarse; si no se han calentado adecuadamente los agregados, es difícil cubrirlos totalmente con asfalto.



Por lo tanto, el agregado debe ser calentado lo suficientemente al paso de los procesos para producir una buena mezcla final a la temperatura deseada. Los agregados se introducen en el extremo del secador a través del tambor opuestamente al flujo del gas.

VUELOS

Placas del metal de varias formas puestas longitudinalmente dentro de un secador o de un mezclador del tambor. Mientras que el material se mueve a través del tambor, los vuelos primero levantan el agregado y después estos caen a través de los gases calientes.

El tambor está inclinado hacia abajo del extremo de la alimentación de los agregados al extremo del horno. Esta cuesta hace al agregado moverse a través del tambor por gravedad. El tambor rota a través de los ángulos de acero, (los "vuelos") montados en el interior los agregados y los descarga a través del horno.

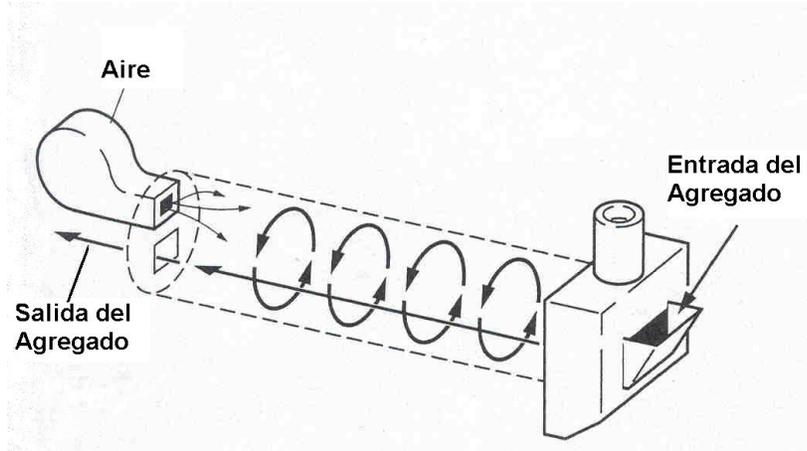
Finalmente, el agregado con una primera graduación granulométrica y calentado se descarga en el elevador caliente, a la torre, que lo lleva a las pantallas calientes en la tapa de la torre de la planta.

Cada aumento en porcentaje de humedad agregada aumentará de manera importante el consumo de combustible del secador

Cribas Calientes

La unidad de la pantalla que vibra de la planta de asfalto es generalmente un arreglo de la cubierta con una rejilla de 3 ½." Esto permite el control de la graduación de cuatro tamaños agregados e impide la entrada de objetos mayores al tamaño fijado en los diversos compartimientos calientes del viaje.

Las pantallas que proporcionan control de la graduación, no funcionarán correctamente a menos que el suministro y el flujo de la alimentación fría sean los correctos.



FLUJO Y MEZCLADO DEL AGREGADO

Si se sobrecargan las pantallas, el material, que debe pasar a través de ellas y por un compartimiento caliente, se lleva en el lugar de otro en el compartimiento del tamaño agregado más grande siguiente. Tal situación destruye la formulación de la mezcla y por lo tanto debe ser evitada.

Compartimientos calientes

Los agregados de las pantallas calientes se almacenan en los compartimientos calientes hasta que una producción del concreto asfáltico se completa. Uno de los elementos dominantes en el funcionamiento de una planta de bachas es asegurarse de que los compartimientos calientes tienen suficiente material para alimentar la unidad de mezclado para la producción de una serie completa del concreto asfáltico. Una de las ventajas potenciales de una planta de bachas con respecto a una planta del tambor es que las producciones están mezcladas individualmente en los compartimientos calientes. Esto permite a la mezcla de una producción ser diferente de la mezcla de la producción siguiente. Sin embargo, esto es circunstancial en tener los agregados de los tamaños apropiados disponibles en los compartimientos calientes. Con frecuencia, mediante un alto costo de producción, los agregados en los compartimientos calientes no serán clasificados correctamente para los cambios gruesos en las graduaciones de la mezcla. Así, la flexibilidad de la planta se compromete. Los cambios grandes en la graduación de los agregados deben ser logrados generalmente alterando el flujo

de agregados de los compartimientos fríos para almacenar la cantidad apropiada de material en los compartimientos calientes.

Tolva de Pesaje

El agregado después de pasar por los compartimientos calientes cae en una tolva de pesaje situado debajo de los compartimientos. Para controlar los pesos de los agregados para el mezclado, en la tolva del pesaje se carga un compartimiento caliente a la vez.



El peso almacenado en la tolva es acumulativo, con el llenado del agregado pétreo mineral por último. Después de cargar, las puertas de la tolva de pesaje están abiertas para descargar el agregado en el mezclador.

Sistema de Almacenamiento

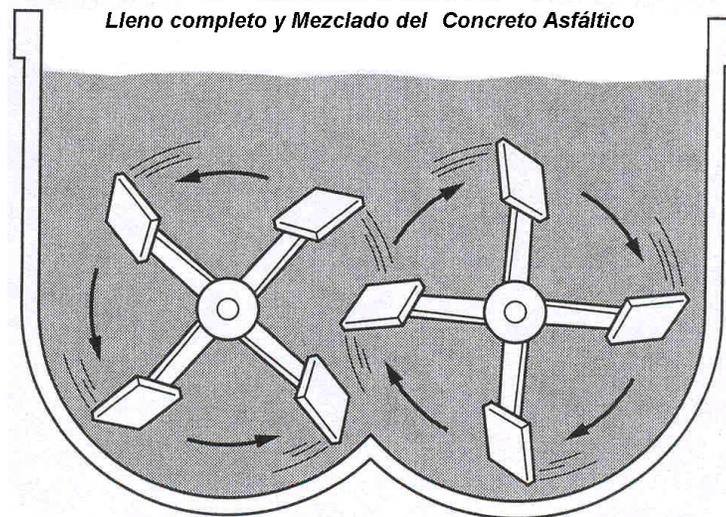
El cemento asfáltico se almacena en la planta en un tanque que lo mantiene caliente. El asfalto bombeado al tanque de pesaje, se prepara para la descarga en el mezclador. Después de que los agregados se añadan al mezclador, el cemento asfáltico se bombea, durante el proceso que de mezclado, a través de las cribas vibratorias calientes para cubrir los agregados.

Debido a la influencia de la temperatura en la calidad de la mezcla, el comprador de mezcla asfáltica, generalmente especifica la temperatura de la mezcla inmediatamente después de descarga del mezclador. La gama de la especificación variará con el tipo, y el grado del cemento asfáltico. En el caso de mezclas denso-calificadas la gama a través de todos los cementos asfálticos es a partir de 105 a 180°C. La gama para las mezclas calificadas es a partir de 85 a 120°C; debe estar en la temperatura más baja que alcanzará la capa completa del asfalto de los agregados y todavía permitirá trabajar satisfactoriamente. En algunos casos, durante un clima frío o en el caso de trayectos largos para su colocación, el concreto asfáltico se calienta con 15°C adicionales a tener en cuenta la pérdida de la temperatura durante el transporte.

El Mezclado.

La mayoría de las plantas de bachas utilizan un mezclador de eje gemelo para mezclar los materiales, para alcanzar la uniformidad, el compartimiento se debe llenar totalmente de la mezcla.

El proceso de mezclado toma generalmente cerca de 1 minuto, 15 seg. para cargar con los materiales secos y 45 seg. del tiempo que se mezcla con el cemento asfáltico. La mezcla real requerida se evalúa basándose en la inspección de la capa agregada gruesa que resulta. Las especificaciones de la operación de planta requieren suficiente tiempo para que la mezcla cubra completamente (90 o el 95%) del agregado, dependiendo del tamaño de agregado.



La capacidad de la planta es una función del tamaño del mezclador y del tiempo que se mezcla.

Una planta de bachas con un mezclador de 5 toneladas puede producir 300 toneladas de la mezcla por hora si una operación continua puede ser mantenida.

Se estructura la planta de modo que la puerta de la descarga del mezclador sea suficientemente alta para permitir el paso del camión directamente abajo para ser cargado.

Alternativamente, un elevador caliente se puede utilizar para transportar la mezcla a los silos.



Silos de Almacenamiento.



Estos silos permiten a la planta funcionar independiente de la disponibilidad inmediata del camión. Esto es particularmente favorable cuando la planta realiza trabajos en porciones con diversos diseños de la mezcla. Los silos también permiten al operador de planta premezclar y almacenar varias producciones del concreto asfáltico para acomodar una distribución desigual de las llegadas del camión en la planta.

Los diseños modernos acuden al control electrónico en todas las operaciones, eliminando la unidad de graduación, con lo que el costo se reduce de manera importante y las facilidades de transporte, montaje y mantenimiento se hacen evidentes.

MODELO E100P	
	<p>Las herramientas con ayuda de la computación más modernas fueron aplicadas en el desarrollo de esta planta de asfalto, ayudando a mejorar la preparación de la mezcla del asfalto y a producir una cantidad de 100 toneladas por hora en un solo ciclo de producción. El modelo es totalmente móvil, por lo que reduce tiempo para su disposición, por lo que requiere solamente un día para prepararse para su arranque.</p>
<p>CARACTERÍSTICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El sistema de la contracorriente con el filtro exclusivo del Venturi asegura la sequedad perfecta y económica de los agregados. - Cumple con las especificaciones más altas de calidad de automatización de todos los procesos 	

III.2 PLANTAS CONTINUAS

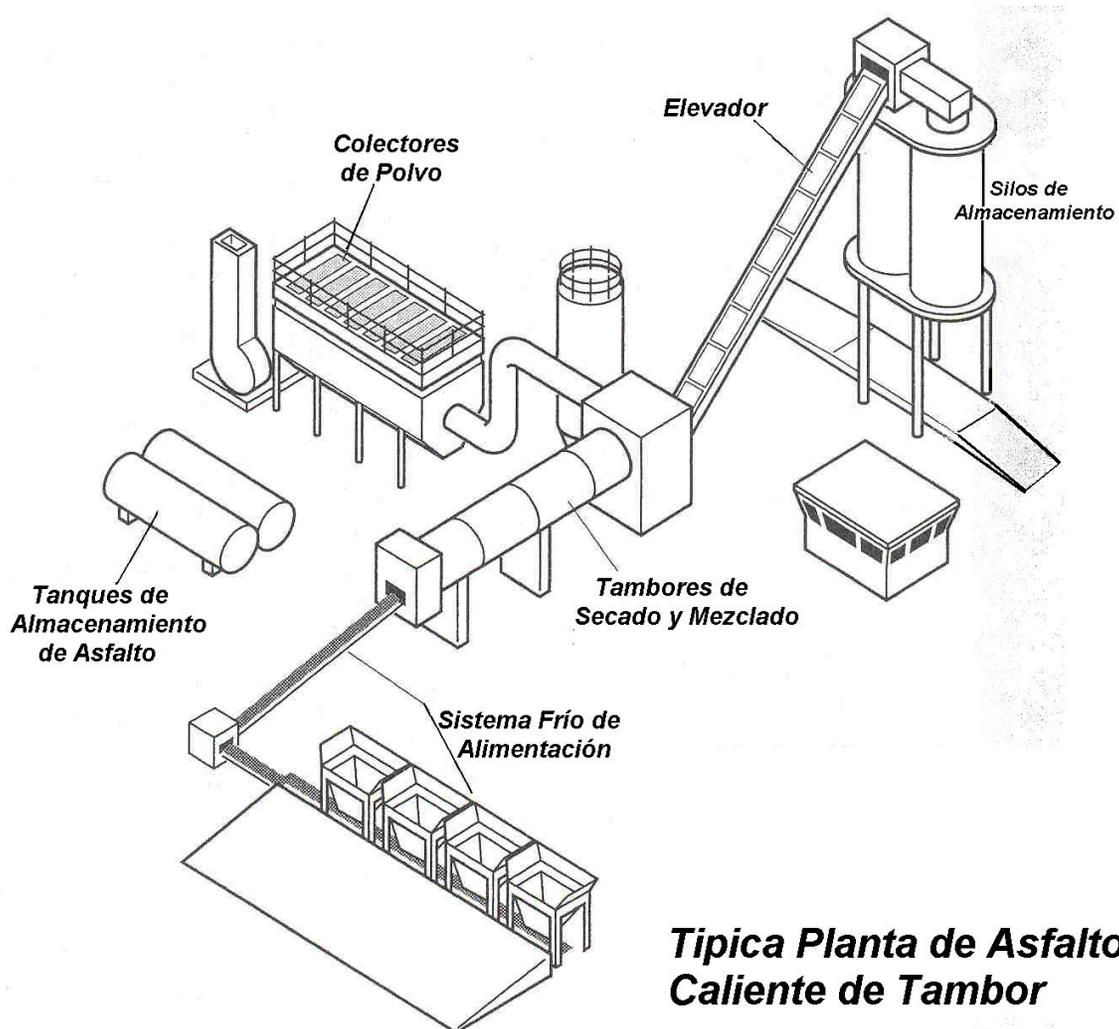
Plantas de Mezcla Asfáltica Continua

La producción se puede dividir en tres secciones:

- Dosificación de áridos.
- Secador y colector de polvos
- Dosificación y mezclado de materiales calientes.

Los componentes primarios de una planta de la mezcla del tambor o mezcladora continua son:

- Sistema frío de la alimentación
- Sistema de procesamiento del asfalto
- Elevadores del tambor que se seca y que se mezcla
- Colectores de polvo
- Silo del almacenaje



Todos están montados en un bastidor simple de remolque. Un tractor con un accesorio de quinta rueda puede transportar la unidad.

Sistema de alimentación en frío.

En una planta de mezcla continua, todo el secado y el mezclado se realiza dentro del tambor y la mezcla del concreto asfáltico es directamente descargada desde el tambor en silos del almacenaje de una manera continua.



Tolvas de alimentación de agregados fríos

No hay oportunidad de ajustar la mezcla agregada durante los suministros en una tolva, como puede ser hecho con una planta de bachas. Por lo tanto, el agregado de cada uno de los compartimientos fríos de la alimentación debe ser pesado antes de alimentar el material en el tambor. Puesto que los agregados se pesan antes del secado, el contenido de agua de los agregados en los compartimientos fríos debe ser supervisado y los pesos ajustados para asegurar que la masa de los agregados este completamente seca.



Estas tolvas de alimentación están dispuestas con compuertas ajustables para regular la caída del material, la granulometría se ajusta en la medida de las bandas transportadoras, los pesos de los agregados, los alimentadores pueden ser de banda o de vaivén, por lo que es posible dosificar los agregados para que caigan en el depósito con una primera granulometría controlada.

Tambor de mezclado

El tambor de mezclado consiste en un tubo largo donde caen los agregados y la mezcla, una parrilla para calentar los agregados, y una barra de la pulverización para aplicar el asfalto. La operación básica de la planta del tambor es que los agregados están medidos en un extremo del tambor. El tiempo que los agregados pasan en el tambor se extiende a partir de 3 a 4 min. Durante ese tiempo los agregados se deben secar y calentarse a fondo a la temperatura de mezclado.



Cerca del extremo de la descarga del tambor, el cemento asfáltico es rociado sobre los agregados. Los controles automáticos supervisan la cantidad agregada y la miden en la proporción apropiada de cemento asfáltico. Durante la rotación del tambor, los vuelos o paletas producen en el tambor una acción que se mezcla entre

el agregado, el RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) (si está utilizado), y el cemento del asfalto y lo hacen pasar a través de la corriente de gases calientes. A medida que el agregado caliente y seco llega al otro extremo del tambor, se le inyecta asfalto líquido. Las paletas mezcladoras aseguran que el asfalto cubra al agregado de modo uniforme.

El tambor de estas plantas tiene generalmente una pendiente en un grado de $\frac{1}{2}$ a 1 pulgada por cada pie de la longitud del tambor.



Las velocidades de rotación son normalmente 5 a 10 RPM y los diámetros comunes son a partir 0.90 a 3.5 metros, con longitudes entre 4.5 y 18 metros. El cociente de la longitud al diámetro tiene una relación entre 4 a 6. Tambores más largos se utilizan en el reciclaje. La cuesta del tambor, la longitud, la velocidad y los vuelos de rotación, y la naturaleza de los agregados controlan el tiempo de detención.

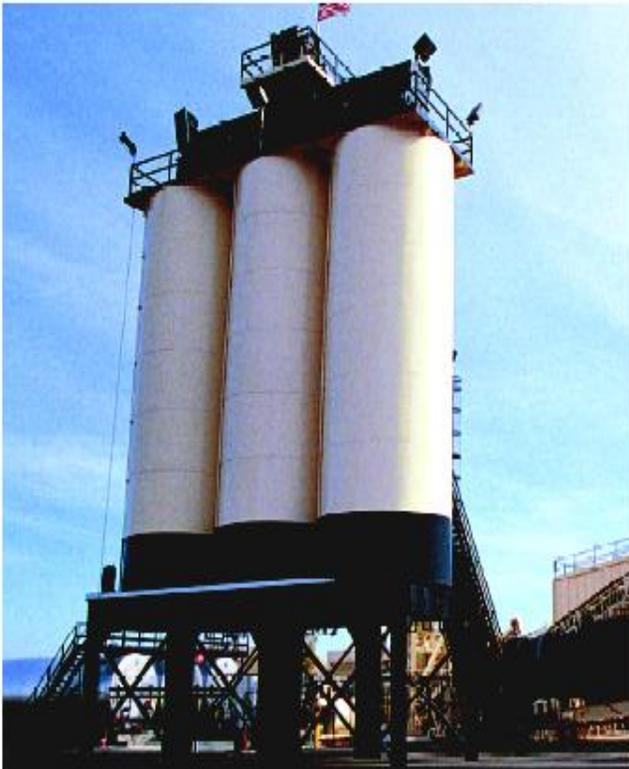
El índice de la producción de la planta es inversamente proporcional al contenido de agua de los agregados. Por ejemplo, el aumento del contenido de agua a partir del 3 hasta el 6% en una planta de la hornada con un tambor de 2.5 m. de diámetro reduce la producción a razón de 500 a 300 toneladas/hora.

TIEMPO DE DETENCIÓN

Es el tiempo requerido para el material para pasar a través de un secador o de un mezclador.

Originalmente, las plantas del tambor fueron diseñadas como operaciones del flujo paralelo, con los agregados y calentaban el aire que viajaba en la misma dirección abajo del tambor. Los diseños subsecuentes han aumentado el índice de la producción de las plantas del tambor usando los arreglos contrarios de la circulación de aire en los cuales el extractor calentado sale de la tapa del tambor donde se introducen los agregados.

Silos de Almacenamiento



Puesto que las plantas del tambor producen un flujo continuo del concreto asfáltico, la salida se debe almacenar en los silos para el siguiente envío en los camiones, tienen una descarga inferior para depositar directamente el concreto asfáltico en los camiones. Los silos se aíslan típicamente para conservar calor un diseño sofisticado puede ser sellado totalmente, e incluso ser llenado de un gas inerte para reducir la oxidación del cemento asfáltico mientras que se almacena. Uno de los problemas con los silos del almacenamiento es su dificultad para el flujo del cemento asfáltico desde la tapa del silo hasta el fondo. Esto da lugar a una mezcla para pavimentar de mala calidad.

Los modelos anteriores a 1990 presentaban granulometría y dosificación imprecisas, secado deficiente, mezcla incompleta y oxidación del asfalto. En las plantas modernas estos inconvenientes se han solucionado alargando el tambor a, por lo menos, cinco veces el diámetro para obtener mejores secado y mezcla y prevenir sobrecalentamiento del asfalto y gobernando todo el proceso mediante controles electrónicos que aseguran temperaturas y tiempos de residencia, dosificación y gradación correctos.

Los controles de funcionamiento de las plantas están en una consola de acero, la que está instalada en una caseta de control portátil. Los controles incluyen controladores de temperatura, un controlador de manejo de quemador, un controlador de proceso programable



Controles de tolva de arrastre. Permiten al operador controlar las señales al camionero y la descarga de la tolva. También hacen sonar una alarma cuando la tolva llega a un nivel alto.

Controles de bomba de asfalto. Permiten al operador controlar manualmente la velocidad de la bomba de cemento asfáltico y anular el control de mezcla automático.

Control de paralización de emergencia de la planta. Permite al operador paralizar toda la planta.



Control de registro. Permite al operador controlar el registro del ventilador de escape.

Controles del motor. Permiten al operador encender y apagar los motores que accionan el compresor de aire, ventilador de escape, soplador de quemador de tambor mezclador, transportador de arrastre, bomba de agua, tornillo sin fin de polvo y bomba de combustible.

También permiten al operador controlar el encendido y apagado de flujo intermedio.

Controles de quemador. Permiten al operador elegir un control automático o manual de proceso, fijar de antemano la temperatura del proceso de mezclado, fijar el límite de la temperatura de la mezcla y el límite de la temperatura del escape, ver el estado del quemador, reposicionar el control protector de llamas, encender el piloto del quemador, encender la llama principal del quemador, ver el estado de los límites, ver el estado de falla de llama o silenciar la alarma del quemador.

Conectores. Los conectores de los cables de la planta son compatibles con los conectores en la parte inferior de la consola. Se puede lograr acceso a ellos por la parte de abajo de la caseta de control.



Colectores de Polvo

Para evitar contribuir a la contaminación atmosférica, las plantas del asfalto se equipan de los sistemas de la eliminación del polvo.

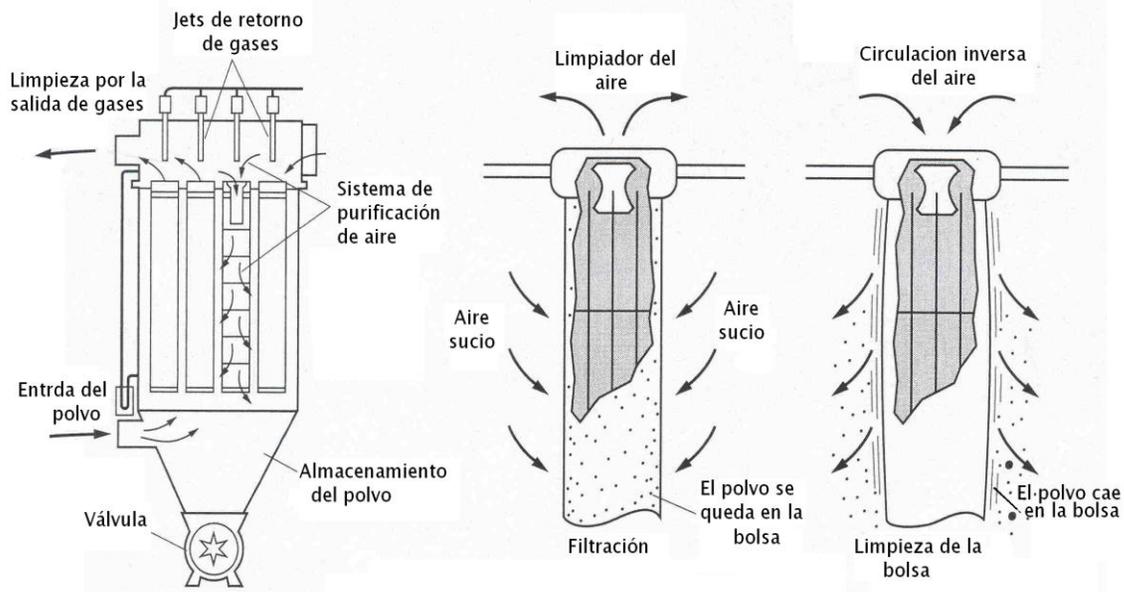


Las nuevas leyes de contaminación atmosférica requieren generalmente una eficacia sobre el 90% para satisfacer los reglamentos acerca de la contaminación atmosférica. A una planta de asfalto se debe agregar:

- (1) un tipo de colector mojado o
- (2) una unidad del colector del filtro de bolso.

El tipo de colector mojado es una adición a los componentes de la planta, incluyendo un colector de polvo seco primario. Debe tener la eficacia total de hasta el 99% o, más del polvo quitado del aire agotado.

El acercamiento mojado requiere la disponibilidad de los abastecimientos de agua adecuados. El tipo de colector mojado trabaja en el principio de mojar las partículas de polvo de modo que se precipiten fuera del aire de extractor y estén escurridos la planta bajo la forma de lodo. Un colector mojado tiene simplemente una barra vertical del aerosol con muchos inyectores para crear una cortina de la niebla del agua en un cilindro vertical. El aire de extractor de la alta velocidad de polvo al móvil seco del colector en este cilindro, tiene el polvo restante cubierto con agua. El aire con polvo mojado se mueve desde el fondo de ese tanque a un cilindro vertical adyacente casi dos veces más grande que el primero.



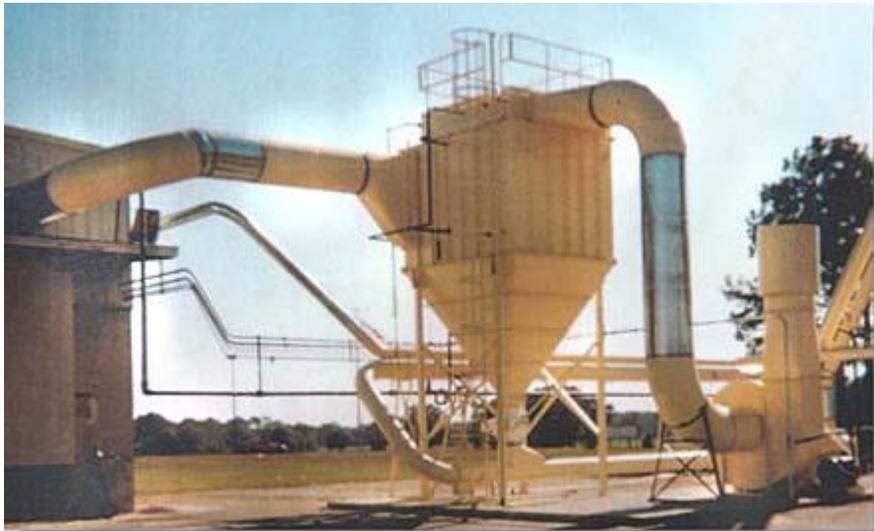
ESQUEMA DEL SISTEMA COLECTOR DE POLVO (BAG-HOUSE)

Este tanque de la separación tiene una desnatadora para precipitar el polvo mojado en el fondo de la tolva para el retiro como lodo mientras que remolina el aire de extractor móvil limpiando hacia arriba. Una placa del orificio con una abertura central y de otra manera llenar la sección representativa horizontal del tanque se puede utilizar para mejorar la eficacia de un colector de polvo mojado.

El tipo de colector de aerosol mojado requiere una cantidad de bombeo del agua, dependiente en el tamaño del tanque de 200 a 1400 lpm aproximadamente a una presión alta. La adición de una placa del orificio para conseguir más turbulencia concentrada del aire de extractor de polvo hace necesario una cantidad de bombeo de 600 a 3500 lpm pero en la presión más baja, en cualquier caso el motor para funcionar la bomba necesita tener un tamaño de 15 a 50 caballos de fuerza.

Un colector de bolsos para las plantas de los asfaltos, elimina la necesidad de un colector seco primario agregando una unidad elaborada de la purificación que pueda dar esencialmente al 100% el aire de extractor libre de polvo. La filtración seca de bolsos o "baghouse" recoge mecánicamente los residuos de los agregados y puede volverlos a dirigir nuevamente dentro de la mezcla.

El sistema trabaja forzando el gas del polvo relleno o afectado a través de los bolsos de filtro de la tela que cuelgan en un bag-house.



Este tanque de la separación tiene una desnatadora para precipitar el polvo mojado en el fondo de la tolva para el retiro como lodo mientras que remolina el aire de extractor móvil limpiando hacia arriba. Una placa del orificio con una abertura central y de otra manera llenar la sección representativa horizontal del tanque se puede utilizar para mejorar la eficacia de un colector de polvo mojado.

Usando un movimiento reverso del aire o mecánicamente sacudiendo los bolsos el polvo recogido es quitado del filtro. El polvo cae dentro de las tolvas, es necesario mantener las bolsas del baghouse hermético.

Los bolsos de filtro se hacen de las telas que pueden soportar temperaturas hasta 150°C. Pero se debe tener cuidado cuando se va a usar un sistema de baghouse, ya que temperaturas excesivas puede derretir los bolsos y/o causar un incendio.

BAGHOUSE

Un componente de la planta del asfalto que, por el uso de los bolsos de filtros de tela especial, captura las partículas materiales finas y contiene los gases de escape del secador o del tambor.

En las plantas más modernas el peso de materiales se obtiene en seco, justo antes de entrar al tambor, para corregir inconvenientes de sincronización y variación de humedad.

El control de polvo debe ser de tipo seco, muchísimo mejor si es un filtro de mangas, con lo que el costo se eleva significativamente.

Almacenaje y calefacción del asfalto

Cuando el asfalto líquido se combina con el agregado para mezclarse, la temperatura del asfalto debe estar en la temperatura de 150 °C. Por lo tanto, las plantas de la mezcla del tambor y de la hornada tienen sistema de calefacción para guardar el asfalto líquido en la temperatura requerida. Si el asfalto se entrega en una temperatura más baja, el sistema debe ser capaz de levantar la temperatura del cemento entregado el asfalto a la temperatura necesaria. Los dos métodos de uso general para el asfalto líquido de la calefacción son el fuego directo y los procesos del aceite caliente.



Un calentador de fuego directo consiste en una parrilla colocada en un tubo en el tanque de almacenamiento del asfalto. Con estos sistemas, el asfalto se debe mantener siempre la suficiente fluidez para sumergir el tubo de la parrilla. Estos sistemas tienen una eficacia térmica más alta que el proceso del aceite caliente.



En un sistema de aceite caliente, primero se calienta el aceite de la transferencia, y entonces el aceite calentado se circula con la instalación de tubos dentro del tanque del asfalto.

La viscosidad del cemento asfáltico debe ser lo suficientemente baja para permitir ser bombeado; puesto que diversos asfaltos tienen diversas relaciones de la temperatura-viscosidad, la temperatura del almacenaje es diferente para los diversos grados de asfaltos.

La temperatura del almacenaje está típicamente en la gama de 160 °C para los asfaltos suaves a 180 °C para los asfaltos duros. Para los diferentes tipos de asfaltos, el grado de funcionamiento es indicado por el productor o el distribuidor, el indicará la temperatura del almacenamiento que dará lugar al cemento asfáltico la viscosidad apropiada para ser bombeado.

MODELO E150P

Este modelo es un mezclador único de tambor en contracorriente completo, con un sistema de control de contaminación instalado para reducir emisiones contaminantes.

Un gran avance tecnológico es su tambor de contracorriente que incorpora con éxito la recolección de las baghouses por lo que es capaz de resolver los requisitos de calidad más rigurosos del aire para mejorar calidad de la mezcla y lograr los costos más bajos por tonelada.

CARACTERISTICAS:

- El tambor de acero de alta resistencia es capaz de procesar los materiales triturados y reciclados.

CAPITULO IV

EQUIPOS PARA LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

CAPITULO IV: EQUIPOS PARA LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

En la planeación y construcción de una obra vial se tienen que observar aspectos como la magnitud de esta, las decisiones que se tomen y el orden en que se realicen los trabajos que son de gran importancia para ejecutar de manera adecuada la construcción se deben programar adecuadamente en un programa de obra, en el se plasma la secuencia de las actividades que se llevarán a cabo registrando los tiempos de ejecución. Dentro del programa de obra se tienen que contemplar además de las actividades propias de la construcción, como las obras inducidas debido a que juegan un papel muy importante en el desarrollo del mismo, para evitar atrasos en el tiempo de construcción por interferencias en el trazo de la vialidad.

Preparación

Antes de que se coloque un pavimento la superficie que se pavimentará debe ser preparada. Los pavimentos construidos sin la preparación superficial adecuada pueden no cumplir las especificaciones necesarias, pueden no unir al pavimento existente (en el caso de los recubrimientos) o pueden fallar debido la falta de resistencia del subsuelo.

La preparación superficial toma generalmente una de dos formas:

1. *Preparación del subsuelo para el pavimento.*

Esto puede implicar las actividades tales como la estabilización del subsuelo, excavación del subsuelo si no tiene las condiciones necesarias, aplicando un relleno por capas y compactándolas.



2. *Preparación de una superficie existente del pavimento para el recubrimiento.*

Esto implica actividades tales como identificar áreas con daño extremo, nivelación, fresado, aplicando de una capa de sello y capa de carpeta.

Ayuda para el mejoramiento del subsuelo

Generalmente, la calidad del subsuelo se puede aumentar con uno o varios de los siguientes métodos:

- *Compactación.* El subsuelo se debe compactar a la densidad adecuada antes de la colocación del pavimento. Si no es así, el subsuelo se continuará confinando, lo que ocasionará que se deforme o erosione después de su construcción, causando las grietas y la deformación en el pavimento.

Generalmente, la densidad adecuada se especifica como una densidad relativa de no menos que 95 por ciento de la densidad del laboratorio determinada. En áreas del terraplén, el subsuelo a menudo se considera adecuado si se compacta a 90 por ciento de densidad relativa.



- *Estabilización.* La cal, el cemento o el asfalto emulsionado se pueden mezclar con el subsuelo para aumentar su resistencia y rigidez. Los geotextiles se pueden utilizar para ayudar a estabilizar los caminos.
- *Sobre-excavación.* El subsuelo que no cumpla con la resistencia necesaria se puede sustituir por un terraplén mejorado en el sitio, típicamente, de 30 a 60 cm. de suelo pobre pueden ser excavados y substituidos por suelos de mejor calidad.

OTRAS PRÁCTICAS PARA LA PREPARACION DEL SUB-SUELO

Otras buenas prácticas de preparación del subsuelo son:

1. Quitar todas las rocas grandes, vegetación y tierra vegetal del área que se pavimentará.

Estos artículos no tienen una buena compactación.

2. Tratar el subsuelo bajo área que se pavimentará con un herbicida aprobado.

Esto prevendrá o por lo menos retardará el crecimiento futuro de la vegetación, que podría afectar la capacidad del subsuelo o conducir directamente a la falla del pavimento.

Preparación superficial del pavimento existente

Los recubrimientos componen una porción grande de la pavimentación de los caminos hechos hoy. El grado de la preparación superficial para un recubrimiento es dependiente en la condición y el tipo del pavimento existente. Generalmente, el pavimento existente debe ser estructural sano, llano, limpio y capaz de enlazar al recubrimiento. Para resolver estos requisitos previos, el pavimento existente se repara generalmente, se nivela, se limpia y después está cubierto con un agente astringente.



PREPARACION SUPERFICIAL DE EL PAVIMENTO EN UNA CALLE

Reparación

Para maximizar la vida útil de un recubrimiento, las secciones y/o las grietas existentes del pavimento deben ser llenadas. Si un pavimento presenta agrietamientos es reflejo de que el subsuelo proporciona una ayuda estructural inadecuada. Las áreas de la falla estructural localizada en el pavimento se deben reparar o sustituir para proporcionar esta la ayuda estructural adecuada.

Los métodos existentes de la reparación de las grietas del pavimento dependen del tipo y tamaño de las grietas. Las grietas existentes se deben limpiar hacia fuera (soplado hacia fuera con aire presurizado y/o barrido) y llenar con un material de pavimento cuando las grietas estén limpias y secas.

Las grietas con cerca de 1 cm. de ancho pueden ser demasiado estrechas para que el material de relleno entre. Estas grietas estrechas se pueden ensanchar con una rebajadora mecánica antes de sellar. Si el pavimento existente tiene una cantidad excesiva de grietas finas pero sigue siendo estructuralmente adecuado, puede ser más económico aplicar un sello superficial bituminoso general del tratamiento o de mezcla en vez de llenar cada grieta individual.

Un proceso de pavimentación requiere de diversos equipos, éstos incluyen:

- Fresadora (en caso de repavimentación)
- *Barredora/escoba* para quitar el polvo de la superficie que se pavimentará
- *Camiones* para transportar la mezcla asfáltica de la planta hasta el lugar de instalación en la obra
- *Distribuidores de asfalto* para aplicar el sello
- *Vehículo* material de la transferencia (dependiendo de las especificaciones)
- *Elevador de la hilera* (dependiendo de las preferencias del constructor)
- *Pavimentador*
- *Compactadores*

Fresado

El fresado (también denominado perfilado en frío) ofrece muchas ventajas cuando se necesita reparar una carretera mediante repavimentación ya que reestablece una superficie uniforme restablecimiento de una superficie uniforme es esencial si se han de reparar apropiadamente estas carreteras.



El fresado puede reducir o hasta eliminar los problemas de agrietamientos

Así, una superficie correctamente fresada se une perfectamente bien con la nueva superficie de asfalto que se aplica.

En la actualidad, se puede fresar la superficie de una carretera con un costo casi igual que el de aplicar una capa ligante.

Además del fresado, existen otras opciones para prevenir el agrietamiento o rotura del pavimento subyacente.

PROCESO PARA PREVENCIÓN DE GRIETAS

Este consiste en romper del pavimento subyacente en pedazos relativamente pequeños golpeándolo en varias ocasiones. Los pedazos entonces son asentados por 2 a 3 pasadas con un rodillo grande.

Trituración el pavimento subyacente.

Esto implica el reducir del pavimento subyacente a escombros. Este escombros entonces se utiliza como complemento de una base de alta calidad para apoyar un recubrimiento flexible. Esta tarea se hace típicamente con uno de los siguientes equipos:

○ **TRITURADOR RESONANTE DEL PAVIMENTO.**

Este equipo pulsa el pavimento rígido en la amplitud baja con una placa pequeña en la frecuencia resonante de la losa que hace a la losa romperse. A este equipo le lleva generalmente cerca de 14 a 18 pasadas para triturar un carril entero de 50 m.



○ **TRITURADOR DE MULTI-CABEZA.**



Este equipo utiliza una serie de martillos altos independientes controlados para romper la losa. Típicamente, esta equipado con entre 12 y 16 martillos, cada uno que pesa entre 450 - 680 kilogramos. Los martillos pueden caer de alturas variables (0.30 a 1.50 m.) y con ciclos con un índice de 30 - 35 impactos por minuto. El rendimiento de esta maquinaria proporciona poder trabajarla sobre un carril entero (hasta 50 m.) en una sola pasada.

PREVENCIÓN DE GRIETAS EN EL PAVIMENTO

Hay varias técnicas para prevenir (o por lo menos retrasa el inicio) del agrietamiento de la carpeta:

- *Evitar que las losas o las secciones se muevan estabilizando el material debajo de ellas.* Esto implica perforar la losa inestable e inyectar cemento asfáltico para llenar cualquier vacío en la capa inferior. Típicamente, este método es solamente una opción para los casos aislados de la inestabilidad, no trabaja bien como tratamiento general del camino.
- *Hacer la estructura de recubrimiento bastante fuerte para resistir el agrietamiento.* Esto implica generalmente que las capas bajas granulares entre el recubrimiento flexible y el pavimento existente sean extremadamente gruesas, que a menudo no son rentables.

Aunque estos tipos de medidas preventivas se utilizan, todavía no se pueden garantizar para prevenir agrietamientos.

Barredora



Cuando se va a realizar una repavimentación la barredora se utiliza para quitar el polvo de la superficie del pavimento existente antes de poner el asfalto nuevo, la capa del polvo debe ser totalmente retirada con la escoba de la barredora. Esto se hace para asegurar la adherencia apropiada entre el asfalto nuevo y el viejo pavimento.

Camiones de Transporte

El transporte de la mezcla implica todo requerido para mover la mezcla asfáltica de una planta de producción, acarreándola al sitio de colocación y descargar la mezcla en el la tolva del vehículo de la transferencia, completa el ciclo de transportación de la mezcla, el acarreo de la planta a la extendedora; esto es, el viaje del camión cargado y su retorno vacío.

CICLO DE TRANSPORTE DE LA MEZCLA

El elemento del ciclo de transporte siempre es variable y depende de muchos factores, entre ellos:

- *La velocidad máxima permitida*
- *La densidad del tránsito*
- *Obstáculos, semáforos, desviaciones, etc.*
- *El grado de las pendientes y el estado del camino.*

IV.1 COLOCACION DE MEZCLA ASFÁLTICA

Idealmente, la meta del transporte de la mezcla asfáltica debe ser mantener las características de la mezcla entre la planta de producción y el sitio que de pavimentación. Para transportar la mezcla asfáltica de la planta al sitio del trabajo, existen tres tipos básicos de camiones:

1. CAMIONES DE DESCARGA DEL EXTREMO.



Los camiones de descarga del extremo descargan su contenido levantando el extremo delantero de la caja y dejando la carga útil resbalar abajo del fondo de la base y hacia fuera de la parte posterior a través de una puerta trasera.

Son el tipo más popular del vehículo del transporte porque son abundantes, maniobrables y versátiles.

2. CAMIÓN DE DESCARGA INFERIOR (O DESCARGA DEL VIENTRE).

Los camiones de descarga inferior descargan abriendo las puertas en el fondo de la caja. Las paredes internas de la caja se inclinan para dirigir la carga entera hacia fuera a través de las puertas abiertas. La cantidad de la descarga se pueden controlar por el grado de la abertura de la puerta y la descarga se pone generalmente en una pila alargada, llamada camellón o hilera, delante del pavimentador conduciendo el carro adelante durante la descarga y se puede utilizar solamente con los pavimentadores que tienen un *elevador* para levantar la mezcla asfáltica del pavimento y transferirla a la caja del esparcidor, este tema se retomará mas adelante.



3. CAMION DE TIPO FONDO VIVO.

Los camiones de descarga inferiores vivos tienen un sistema de operación en el fondo de su caja para descargar. La mezcla asfáltica caliente se descarga hacia fuera por la parte posterior de la caja sin levantarla. Los carros inferiores vivos son más costosos de utilizar y mantener debido al sistema de transportación pero también pueden reducir problemas de segregación y pueden eliminar algunos tipos perjudiciales de maniobra con la de caja del camión (porque la cama no se levanta durante su descarga).



Puesto que el material en la hilera pierde temperatura rápidamente, esta operación se limita generalmente a algunas regiones donde existen altas temperaturas ambientales.

Sin importar el tipo de camión usado, los carros se deben aislar y cubrir con lonas cuando se cargan para reducir pérdidas de calor durante el transporte. Antes de que se carguen los carros la caja debe estar cubierta con una membrana aprobada, en el pasado, un derivado del petróleo pesado como el keroseno fue utilizado para esto. Sin embargo, esto contamina la carpeta asfáltica y no se permite más.

Consideraciones del transporte

Hay varias consideraciones que se deben tener con el transporte de la mezcla que son esenciales para mantener características de la mezcla asfáltica entre la planta de producción y el sitio de pavimentación.

Estas consideraciones se pueden poner generalmente en cuatro categorías:

1. Cargar con facilidad de producción.

Las bases de los camiones deben estar limpias y lubricadas con productos que no tengan base de petróleo para evitar que la mezcla asfáltica caliente se pegue a la caja del camión. Los productos basados en petróleo, tales como combustible diesel, no se deben utilizar debido a las normas ambientales ya que perjudican la carpeta asfáltica. La mezcla asfáltica caliente se debe descargar en la base del camión para reducir al mínimo la segregación. La mezcla asfáltica que cae del silo del almacenaje (en el caso de las plantas de bachas) en una masa grande crea una sola pila en la base del camión, el agregado de gran tamaño puede rodar por esta pila y segregarse alrededor de la base, en cambio si la mezcla cae en varias masas más pequeñas (generalmente tres) en diversos puntos en la base del camión ayudará a reducir al mínimo el riesgo de la segregación.

2. Transporte del camión.

El transporte del camión afecta las características de la mezcla asfáltica caliente por su enfriamiento. La mezcla se carga generalmente en un camión con una temperatura bastante uniforme entre 120°C y 180°C. Durante el transporte, el calor se transfiere al ambiente. Sin embargo, la mezcla asfáltica enfriada proporciona un aislamiento excelente y al ser transportada tiende a desarrollar una corteza fina fría en la superficie y esta rodea una base mucho más caliente. Los factores tales como temperatura del aire, lluvia, viento y distancia del transporte, enfrían toda la base del camión y esto puede afectar las características de la mezcla.

3. El descargar en el sitio de pavimentación.

La mezcla asfáltica debe ser descargada pronto, inmediatamente después de que llegar al sitio de pavimentación para reducir al mínimo el enfriamiento de la mezcla. También, en proyectos donde se este utilizando más de un tipo mezcla, el inspector debe estar seguro que la mezcla que llega al sitio sea la correcta.

4. Sincronización de la operación.

El transporte con los camiones debe ser planeado de tal forma que la cantidad del transporte de mezcla asfáltica (expresada en ton/hr) corresponda a la cantidad de producción de planta y del suministro de los agregados.

Lo mejor es trabajar la extendedora en una velocidad ligeramente mayor que la capacidad de la planta.

El tránsito es uno de los factores que afectan las cantidades de entrega de mezcla asfáltica porque afecta velocidad de los camiones, especialmente en áreas urbanas congestionadas, el tráfico pesado e imprevisible puede aumentar substancialmente, o por lo menos variar, los recorridos y los tiempos de acarreo. Mientras que el tiempo del recorrido del camión aumenta, más carros son necesarios para lograr proporcionar una cantidad dada de la entrega de la mezcla asfáltica. Por lo tanto, el tráfico, aumenta de los costos de acarreo. Además, la imprevisión del tráfico puede dar lugar a la marcha lenta del pavimentador mientras que espera el siguiente camión con mezcla asfáltica.

La calidad de un trabajo de pavimentación, en que se empleó carpeta de mezcla asfáltica caliente, lo califica el usuario; generalmente, lo hace por la frecuencia con que se siente o escucha golpes de las llantas de su automóvil con cada borde transversal, mientras transita por la carretera. Esto se puede evitar con la sincronización de los camiones para eliminar interrupciones en la llegada de los camiones, pues la espera de la extendedora enfría la mezcla, obstruyendo la uniformidad del extendido.

IV.2 EQUIPO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ASFALTO

Riego de liga (Petrolizadoras)

Una capa de sello en asfalto, es una emulsión o una capa líquida bituminosa fina aplicada entre las capas del pavimento de mezcla asfáltica para conseguir una adherencia adecuada entre la superficie de existente y la capa que se va a colocar, esta parte del proceso es crítica para conseguir que la estructura terminada del pavimento se comporte como una sola unidad. Si las capas adyacentes no se enlazan una con la otra se comportan como capas delgadas independientes múltiples.

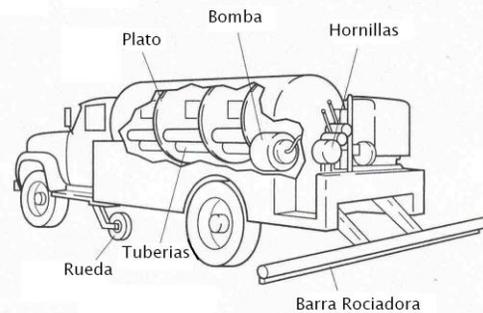


Al aplicar el riego de liga, se utiliza un carro distribuidor especialmente diseñado. Un camión distribuidor del asfalto requiere la supervisión constante para producir un esparcido uniforme.

Todas las galgas y aparatos de medición tales como el tacómetro de la bomba, termómetros, y los aspersores del bitumen deben ser calibrados correctamente. Las barras e inyectores de distribución deben estar perfectamente limpios y fijados en la altura apropiada sobre la superficie que recibe el riego.

Los factores que afectan el uso uniforme son:

- *La temperatura de rociadura del asfalto.*
- *La presión líquida a través de la longitud de la barra de aspersión.*
- *El ángulo de los inyectores de aspersión.*
- *La altura del inyector sobre la superficie.*
- *La velocidad del distribuidor.*



ESQUEMA DE UN DISTRIBUIDOR DE ASFALTO

Los distribuidores del asfalto tienen aislado los tanques para mantener la temperatura del asfalto y se equipan con parrillas para calentar el asfalto a la temperatura apropiada de aplicación.

Las bombas de descarga independientemente accionadas se utilizan para mantener la presión continua y uniforme. Los inyectores de la barra de aspersión se deben fijar a un ángulo determinado, (generalmente entre 15° y 30°) del eje horizontal de la barra. Esto es de modo que las espreas individuales de aspersión no interfieran ni se entremezclen una con otra. La altura del inyector sobre la superficie determina el ancho de cada una de ellas.

Para asegurar un riego apropiado, la altura del inyector (barra de aspersión) se debe fijar y mantener así durante todo el periodo del proceso.

La relación entre el gasto del uso (litros por metro cuadrado) y la velocidad del carro es proporcional; la velocidad del carro se debe llevar a cabo constante durante la rociadura para alcanzar un riego uniforme.



La relación entre el gasto del riego (rendimiento), la configuración del carro, y la superficie que se cubrirá se puede determinar mediante:

$$L = (9 \times T) / (W \times R)$$

Donde:

L = longitud de la superficie cubierta en metros

T = litros totales que se aplicarán

W = anchura de cobertura de la barra de aspersión en metros

R = rendimiento de galones por metro cuadrado (sy)



Esta ecuación se puede utilizar para estimar la cantidad de asfalto líquido requerida para un trabajo. Durante la construcción, la ecuación puede ser utilizada para comparar si el rendimiento del material es el verdadero. El gasto real del uso se compara con estos resultados y se pueden determinar especificaciones para el trabajo.

Antes de la colocación de una mezcla asfáltica en una nueva base, una primera capa se aplica a la base. Los índices normales del uso para el riego varían entre 0.7 y 2.5 lt/sy. El riego garantiza la adherencia entre la base y la mezcla asfáltica sobrepuesta, ya sea un agregado triturado, un material estabilizado, o una terracería.

La capa de riego debe penetrar cerca de $\frac{1}{4}$ ", llenando los vacíos de la base. La primera capa actúa como barrera impermeable que previene la penetración de humedad a la superficie de la base. Las capas de riego se diseñan para crear un enlace entre los pavimentos existentes y los recubrimientos nuevos del asfalto. También se aplican entre las capas sucesivas durante la nueva construcción, actuando como pegamento para prevenir el resbalamiento de las dos capas.

Extendidora, pavimentadora de asfalto.

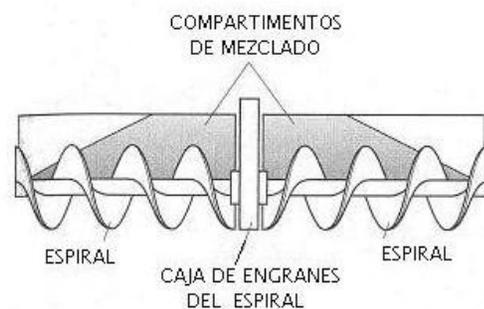
El extendido de la mezcla asfáltica se lleva acabo con una máquina extendidora-pavimentadora. Consiste ésta de dos partes principales: una es la parte tractiva y la otra es una plancha flotante



La unidad tractiva incluye:

- la tolva receptora
- los tornillos distribuidores de la mezcla al motor
- transmisiones
- dos centros de control
- el sitio para el operador.

La unidad de energía de tractor tiene una tolva de recepción en el frente y un sistema de transportadores para mover la mezcla a través de un túnel debajo del tractor en la parte trasera de la unidad. En la parte posterior de la unidad del tractor, la mezcla se deposita en la superficie que se pavimentará, y los escariadores se utilizan para separar el asfalto a través del frente de arrastre uniformemente.



MECANISMO DE UN PAVIMENTADOR DE ASFALTO

Durante la selección de equipo existen dos tipos de maquinaria, que son la unidad tractiva proporciona la fuerza motriz a través de bandas de orugas o de neumáticos que ruedan sobre la base; siendo estas las únicas alternativas, pues en cuanto a la capacidad, está determinada por el tamaño de la planta.

La plancha maestra es jalada por la unidad tractiva y ésta consta de:

- la placa maestra
- vibradores o barra compactadora
- controles para variar el espesor del tendido
- controles para variar la pendiente transversal
- los calentadores de la placa.



A cada lado de la plancha maestra tiene un largo brazo que conecta la unidad tractiva con un centro pivote. Este mecanismo le permite, a la plancha maestra flotar sobre la mezcla mientras esta se tiende. La plancha, al recibir la mezcla que reparten los tornillos, la extiende con el nivel, el ancho y la profundidad proporcionados por los controles y le aplica una compactación inicial al material asfáltico mediante una barra o vibradores.

METODOS DE DESCARGA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Los pavimentadores pueden recibir la mezcla directamente en sus tolvas o pueden tomar una hilera del material colocada delante del pavimentador. El método tradicional para cargar la tolva hace que el carro descargue la mezcla del asfalto directamente en la tolva del pavimentador.

Hay algunos modelos de pavimentador que tiene dos sistemas de tornillos gemelos, en vez de transportadores, para mover la mezcla a través del túnel en la parte trasera del pavimentador. El uso de los transportadores del tornillo es para reducir la segregación de la mezcla.

El pavimentador empuja el carro adelante, esta maniobra requiere de mucho cuidado, ya que el chofer del camión tiene que colocar al camión en reversa y cuando sienta el contacto de las llantas traseras con la pavimentadora colocarlo en neutral, de esta manera la pavimentadora es la que impulsará al camión, la mezcla es descargada en la tolva levantando la caja del carro o activando el fondo vivo de estas unidades.

Al cargar la tolva con los camiones individuales requiere a menudo que el pavimentador se detenga intermitentemente.

Al avanzar la unidad de tracción, jala la plancha hacia la mezcla haciendo que la superficie inferior viaje en una dirección paralela al avance de la máquina, la plancha mantendrá este nivel hasta que se cambie el ajuste de los controles correspondientes.

EQUIPO DE PAVIMENTACION MODELO: AP-900B



- Este modelo, es una pavimentadora con neumáticos que provee máxima flexibilidad para todo tipo de pavimentación, lo que incluye la nueva construcción, repavimentación y proyectos de mantenimiento.
- Está diseñada para pavimentar carreteras pequeñas y calles urbanas.
- Está idealmente adecuada para los proyectos de producción mediana.

■ La AP-900B está bien adaptada para todas las áreas geográficas en que se utilizan pavimentadoras con neumáticos.

■ Las características típicas a menudo incluyen materiales estables de suelo, base inferior o base que permiten buena tracción de las pavimentadoras de ruedas.

CARACTERISTICAS:

MOTOR: Potencia en el volante 153 hp / 114 Kw

PESO: Peso en orden de trabajo 17.900 kg

ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN: Ancho de pavimentación 3.050 mm

Máxima velocidad 122 metros / minuto

Capacidad de la tolva 6.1 m³ / tonelada

TANQUE DE COMBUSTIBLE: Capacidad 265 litros

EQUIPO DE PAVIMENTACION MODELO: AP-650B

■ La AP-650B es una pavimentadora de tamaño intermedio que está bien adaptada para carreteras, calles urbanas, caminos rurales, añadidura de pistas, sitios industriales, estacionamientos, revestimientos y otros trabajos de pavimentación de producción.

■ Es también eficaz en proyectos de construcción nueva debido al tren de rodaje de su cadena.

■ El tren de rodaje de la cadena de acero utiliza la tecnología del tractor Cat D3 de orugas que ha sido probada en el campo.

■ Este método de propulsión ofrece ventajas al operar en bases inestables o en pendientes pronunciadas.

■ El excelente esfuerzo de tracción, baja presión sobre el suelo, y flotación mejorada son algunas de las ventajas.

■ La AP-650B es apropiada para todas las regiones geográficas que favorecen las pavimentadoras de cadenas.

■ Las características típicas de estas áreas incluyen suelos arenosos y sueltos, materiales de base inferior o base que no permiten la buena tracción de las pavimentadoras de ruedas, y áreas con pendientes significativas.

■ Además, la versatilidad de la AP-650B le permite operar en un trabajo de carretera ancha un día, y luego en un estacionamiento reducido al día siguiente.

MOTOR: Potencia bruta 130 hp / 97 kW

PESO: Peso en orden de operación 17.127 kg

ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN: Ancho de pavimentación 2.440 mm

SISTEMA DE MANDO: Velocidad máxima de pavimentación 67 metros / minuto

CAPACIDADES DE LLENADO: Capacidad del tanque de combustible 185 litros

TOLVA: Capacidad de la tolva 5.0 m³

IV.3 EQUIPO DE PAVIMENTACIÓN

Elevadores

La mejor forma de controlar la continuidad del extendido, es mediante el empleo de un acamellonador y de un levantador de mezcla. El acamellonador es un mecanismo que, mediante ganchos, se pega al camión de volteo. Es una caja de acero con lámina ajustable en la que vierte su carga el camión. Al avanzar éste, la puerta (previamente ajustada para que deje pasar la cantidad de mezcla que exactamente se va a usar), va formando un camellón frente a la extendidora. Frente a ésta se instala un levantador de aspas o cangilones que recoge la mezcla del camellón y la deposita en la tolva de la extendidora. Los elevadores de las hileras del material fueron desarrollados para reducir los efectos que provocaban las filas de los camiones para la descarga del material.



Las máquinas convencionales de elevadores de hilera han limitado anchura y se pueden manejar solamente con filas de material bastante estrechas. Se están introduciendo algunos nuevos diseños de elevadores que tienen la capacidad de manejar secciones más amplias de hileras.



Estas máquinas se utilizan en operaciones con proyectos más pequeños y con un área limitada. Las demás operaciones se lleva a cabo de la misma forma que en el caso de descarga directa sobre la pavimentadora.

Dispositivos de Transferencia de Materiales

Vehículos de transferencia de los materiales (MTVS).

Los vehículos de transferencia de materiales, se utilizan para asistir al pavimentador en aceptar la mezcla asfáltica caliente. La mayoría de los pavimentadores se equipan para recibir la mezcla asfáltica directamente de la descarga de la caja o de los camiones inferiores vivos, no obstante en ciertas situaciones puede ser necesario utilizar los vehículos de transferencia.

La pavimentación usando los vehículos de transferencia es muy recomendable porque permite que el pavimentador funcione continuamente sin parar, Para mejorar la calidad de un pavimento se utiliza un dispositivo de transferencia de materiales, ya que puede recibir varios camiones de mezcla asfáltica, remezclar el material, y entregarlo a la tolva del pavimentador y esto reduce al mínimo el tiempo de espera del camión en la planta productora de asfalto y puede llevar al mínimo problemas relacionados con la segregación y la temperatura.



En este caso la sincronización de los camiones al sitio del trabajo no es crítica, puesto que el pavimentador puede funcionar desde el origen de material en el dispositivo de transferencia. El dispositivo de transferencia es independiente, así que el pavimentador no necesita acoplarse y empujar el carro del transporte como en el caso de la descarga directa de los camiones. Finalmente, remezclando el concreto asfáltico, se reduce la pérdida de temperatura.



La pérdida de temperatura es un factor importante y ocurre durante el transporte porque el concreto asfáltico en la superficie de la caja del camión se refresca mientras que la mezcla en el centro conserva calor. El nivel del pavimentador es sensible a la rigidez de la mezcla, que está en gran parte en función de la temperatura.

Una de las partes más importantes de la pavimentadora son *los controles automáticos de niveles*:

Nivelación

Puesto que no es práctico controlar manualmente la elevación del remolque, los pavimentadores funcionan generalmente con un control automático, los controles mantienen la elevación del punto usando una referencia.



Puesto que estas referencias ayudan a controlar el nivel del pavimento asfáltico, son conocidos como “los sistemas de la referencia del espesor” y se enumeran a continuación:

1. *Stringline (trazar una línea).*

Esto consiste en trazar las elevaciones especificadas que son independientes de la elevación del terreno existente. Esto se hace siempre que es posible, usando un equipo de prueba y un plano detallado de la elevación.



Aunque este método proporciona la elevación correcta (considerando las tolerancias correspondientes), los niveles son frágiles y se rompen fácilmente. Los láser se pueden utilizar para superar las dificultades asociadas a estos niveles porque no requieren ningún material frágil para su utilización en el área de la construcción del pavimento. Los láseres pueden establecer los planos múltiples de la elevación incluso en áreas con dificultades para trabajar y por lo tanto a veces se utilizan para construir trazos en los aeropuertos.

2. Referencia móvil.

Esto consiste en un sistema de referencia mediante un sistema de una viga o un tubo largo que esta unido al pavimentador (llamado dispositivo de "contacto").



El sistema de la referencia móvil hace un promedio del efecto de desviaciones en la superficie existente del pavimento sobre una distancia mayor que la distancia entre ejes de la unidad del tractor. La longitud mínima del esquí para un dispositivo del contacto es normalmente cerca de 60 cm. cuando las longitudes típicas del esquí que están en la orden de 1.00 a 1.5 m.

Se llama dispositivo de contacto puesto que toca realmente el camino, a diferencia de un dispositivo ultrasónico (llamado un dispositivo "sin contacto" puesto que recibe pulsos ultrasónicos y no requiere contacto físico para determinar la elevación del camino).

3. Esquí.

Esto consiste generalmente en un esquí o zapato pequeño unido al pavimentador que resbala en una superficie existente cerca del pavimentador.

Los sensores ultrasónicos logran la misma tarea sin el tacto de la superficie existente usando pulsos para determinar la elevación.

Control automático de la capa utilizando una viga móvil de referencia.

El pavimentador del asfalto es una máquina de colocación sin forma automotora con un nivel. La mezcla asfáltica se carga en el frente, llevado a la parte posterior por un sistema de alimentadores (bandas transportadoras), cuenta con extensión hacia fuera por un sistema de tornillos distribuidores, entonces es nivelado y condensado por los niveladores.



Los niveles de “flotación” están libres y son dispositivos que pueden girar sobre un perno. Este perno cuenta con un brazo que permite tener uno nivel uniforme y previene irregularidades en la superficie subyacente. La capacidad de nivelar irregularidades en el pavimento es controlada por la distancia entre los ejes del tractor y por la longitud entre los niveles en los brazos del remolque.



La velocidad del pavimentador se liga a la cantidad en la cual la mezcla del asfalto se entrega de la planta. Para producir una carpeta lisa, la velocidad de recorrido se debe mantener de manera constante. Los cambios en la velocidad del pavimentador son un factor que afectará el ángulo del ataque de los niveles. Además, cuando se detiene el pavimentador, los niveles se tienden para colocarse en la superficie de la carpeta.

Colocación

La colocación de la mezcla implica todo lo utilizado para tener la mezcla asfáltica caliente entregada en la superficie deseada en el espesor determinado. El pavimentador de asfalto es la maquinaria principal implicada en la colocación de la mezcla y es asistida por el vehículo de transferencia del material (MTV) cuando no se hace una descarga directa.



TREN DE LAYDOWN QUE DEMUESTRA EL CARRO, MTV Y EL PAVIMENTADOR DEL ASFALTO



Pavimentador Screed

Equipo de Compactación

Compactación: La compactación es el proceso por el cual el volumen de aire en una mezcla asfáltica es reducido usando fuerzas externas para reacomodar las partículas de los agregados en un arreglo con menos espacios. Esta reducción del volumen de aire en una mezcla produce un aumento en la densidad de la mezcla asfáltica.



La compactación de la mezcla asfáltica se logra fácilmente cuando se lleva a cabo a la temperatura adecuada, ésta debe iniciarse tan pronto como sea posible después de la extendida de la mezcla.

El espesor de la carpeta influye en el grado de dificultad que encontremos para compactarla; entre mas delgado sea el espesor, más pronto pierde temperatura y por lo tanto la compactación con el rodillo debe efectuarse inmediatamente después del extendido.

En cambio, si el espesor es de 7 cm. o más, la pérdida de temperatura es más tardada, proporcionando mayor tiempo para compactar.

También el número de máquinas que se requieren para compactar la mezcla, interviene el espesor de la carpeta pues, entre más delgado sea éste, mayor es el avance longitudinal de la extendedora. Como la velocidad de los compactadores es limitada, necesariamente hacen falta mayor número de maquinaria.

El equipo que tradicionalmente se emplea para la compactación de la mezcla es:

- *La plancha metálica de tres llantas, con peso de 10 a 14 toneladas.*

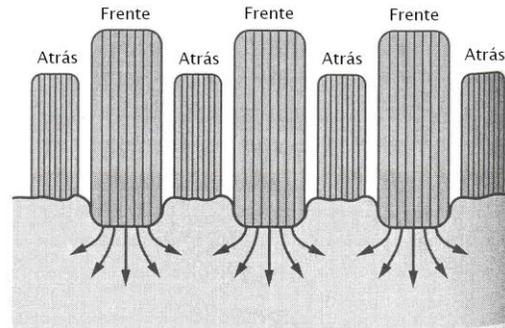
Los rodillos de rueda de acero son los dispositivos automotores de la compactación que utilizan los tambores de acero para comprimir la mezcla asfáltica subyacente. Pueden tener un, dos o aún tres tambores, aunque (los rodillos de 2 tambores) son los más frecuentes.

- *El compactador autopulsado de nueve u once llantas neumáticas de peso variable.*



Los rodillos neumáticos son dispositivos automotores de la compactación que utiliza los neumáticos para comprimir material asfáltico subyacente. Los rodillos neumáticos emplean un sistema de neumáticos lisos (sin huellas) en cada eje; típicamente cuatro o cinco en un eje y cinco o seis es en el otro. Los neumáticos en el eje delantero se alinean con los boquetes entre los neumáticos en la parte posterior para dar cobertura completa y uniforme de la compactación sobre la anchura del rodillo. El esfuerzo de compactación es controlado variando la presión del neumático, que se fija típicamente entre 60 y 120 PSI, algunos fabricantes ofrecen hasta 30 toneladas.

Además de una fuerza compresiva estática, los rodillos neumáticos también desarrollan una acción de amasamiento entre los neumáticos que tiende a realinear el agregado dentro de la mezcla asfáltica caliente.



COMPACTADOR DE NEUMÁTICOS

Porque la carpeta de asfalto tiende a pegar más a los neumáticos fríos que los neumáticos calientes, el área del neumático se aísla a menudo con la estera o el chapeado de goma para mantener los neumáticos cerca de temperatura del material mientras que rueda.

- Planchas de dos y de tres ejes en tandem, su peso varía de 6 a 20 toneladas según el tamaño que se escoja.

Para cualquier trabajo, es conveniente que cuando menos se usen dos máquinas compactadas.

La operación de compactación anteriormente se realizaba en 3 fases:

1.- *El planchado inicial.* Se usaba para esta fase la plancha de ejes en tandem. El mayor peso en las llantas motrices y su gran diámetro incrustan la mezcla hacia abajo sin desplazarla. Durante esta fase se debía lograr casi totalmente la compactación.

2.- *El planchado intermedio.* Esta segunda fase se efectuaba lo más cercanamente que sea posible a la primera, mientras la mezcla asfáltica mantenía algo de su plasticidad y temperatura. Aquí se empleaban las aplanadoras autopropulsadas de neumáticos

3.- *El planchado final.* Su única finalidad consistía en borrar las huellas del equipo que trabajó en las fases uno y dos. En esta se empleaban planchas de ejes tandem.

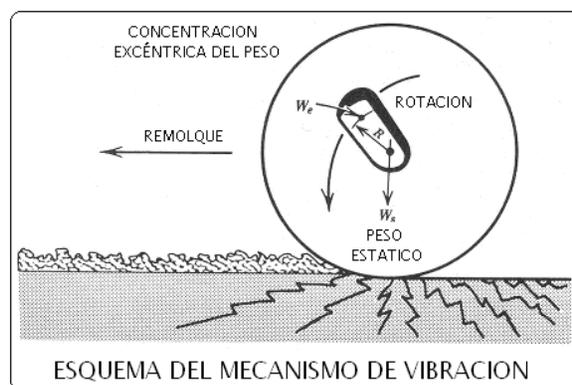
A partir de hace algunos años y hasta la actualidad, se empezó a aplicar, para compactar mezclas asfálticas, el equipo autopropulsado vibratorio, sobre todo el que está dotado de algún mecanismo que disminuye la amplitud de la vibración para reducir la fuerza aplicada sin variar la frecuencia, su tamaño es a partir de 35 hasta 85 pulgadas en ancho y de 20 a 60 pulgadas de diámetro. El peso del rodillo es entre 1 y 20 toneladas. La vibración del tambor agrega una carga dinámica al peso estático del rodillo para crear un mayor esfuerzo de compactación total.

La vibración del tambor también reduce el módulo de fricción del agregado durante la compactación, que permite que las partículas agregadas se muevan en las posiciones finales que producen una mayor fricción y dispositivo de seguridad que se podría alcanzar sin la vibración.

Como regla general, una combinación de la velocidad y de la frecuencia que da lugar a 30 - 36 impactos por metro es buena.



Esto proporciona la posibilidad de efectuar las tres fases de compactación en una sola. Cada mezcla es, en algo, única y diferente a las demás, por lo que es necesario determinar en cada caso la forma o patrón de compactación, mediante vibradores. Estos pueden ser de un tambor liso metálico propulsado por llantas neumáticas o de dos tambores o rodillos con tracción en ambos.



Se puede hacer el trabajo con compactadores neumáticos para mezclas asfálticas, obteniendo resultados satisfactorios porque se han logrado en casi todos los casos, sustituir dos o más máquinas con un solo vibrador,

La secuela de compactación que se emplea actualmente es la siguiente:

1. Una pasada, a todo lo ancho, sin vibración. Esta se efectúa inmediatamente después del extendido en carpetas delgadas de hasta 5 cm. En carpetas más gruesas hay que esperar un poco, sin que se pueda establecer una receta, tal vez 60 metros atrás de la extendedora.



2. Inmediatamente después, se inicia la vibración de 2400 r.p.m. en baja amplitud. Aquí es muy importante determinar la velocidad lineal del compactador. Debe ser tal que no provoque grietas no bordes, o sea, ni tan despacio que estemos aplicando demasiados golpes muy cercanos unos a otros, ni tan deprisa que espaciemos demasiado la aplicación de la fuerza provocando grietas.



Por lo general se realizan dos pasadas a todo lo ancho y otra en alta amplitud para obtener el grado de compactación deseado; con esto es suficiente.

3. Si acaso es necesario, se retrasa el compactador para borrar alguna huella y dar el acabado final. , pues proporcionan la compactación muy uniformemente; tienen la tendencia a “cerrar” la superficie, y por lo tanto, contribuyen a la impermeabilidad de la carpeta y acomodan las partículas de los agregados lo que aumenta la estabilidad. En algunos trabajos nos hemos visto precisados a emplear, para esta fase final, un compactador de neumáticos, autopropulsado de 9 llantas.



La compactación por vibración puede ser efectiva aún estando la mezcla a una temperatura tan baja que sería inoperante el equipo de tipo estático, lo que permite emplear durante más tiempo el equipo y, por lo tanto, usar menos máquinas.

En cuanto a la elección del equipo, es muy conveniente, antes de tomar una decisión, observar detenidamente los compactadores vibratorios porque, tomando en cuenta la administración eficiente del conjunto, la máxima economía se logra, generalmente, empleando el menor número posible de máquinas; naturalmente, teniendo a la vista el resultado final que es la construcción de carpetas de alta calidad.

La compactación es el factor de determinante más grande del funcionamiento de un pavimento. Una compactación inadecuada da lugar a un pavimento con la rigidez disminuida, vida útil reducida, el envejecimiento acelerado y propenso a daños por la presencia de humedad.

Como la compactación reduce el volumen de aire en la mezcla asfáltica, la preocupación principal es el volumen de aire dentro del pavimento, cuantificado típicamente, es un porcentaje de los vacíos del aire por el volumen total y expresado como “por ciento de vacíos”.

Los porcentajes de vacíos del aire son calculados comparando la densidad de un espécimen de la prueba con la densidad que tendría teóricamente si todos los vacíos del aire fueron quitados, conocido como “densidad máxima teórica” (TMD). Aunque los porcentajes de vacíos de aire son de gran interés, las medidas se generalizan como densidad medida en referencia a una densidad de referencia.

Esta densidad se expresa como:

1. *Porcentaje de densidad máxima teórica.* La expresión de la densidad es fácil de convertir a los vacíos de aire porque cualquier volumen que no sea carpeta o agregado de asfalto se toma como aire.

Por ejemplo, una densidad divulgada como 93 por ciento significa que hay vacíos del aire de 7 por ciento ($100\% - \text{el } 93\% \text{ el } = 7\%$).

2. *Porcentaje de una densidad determinada en laboratorio.* La densidad del laboratorio es generalmente una densidad obtenida durante el diseño de la mezcla.

3. *Porcentaje de una densidad de la tira del control.* Una tira del control es una tira cortada del pavimento que se condensa al valor deseado bajo pruebas, entonces usado estándares, los vacíos del aire en el pavimento son medidos en el campo por uno de los dos métodos principales:

1. *Corazones.* Una base pequeña del pavimento se extrae del asfalto condensado y se envía a un laboratorio para determinar su densidad. Este tipo de prueba de los vacíos del aire se considera el más exacto pero es generalmente también el más tardado y costoso.



2. *Densímetros nucleares*. Una galga nuclear de densidad mide la densidad sobre el terreno de el asfalto usando la radiación gamma. Las galgas contienen generalmente una fuente gamma pequeña (MCI cerca de 10) por ejemplo Cesium-137 situado en el extremo de una punta de prueba pequeña, que se pone en la superficie del pavimento o se inserta en el pavimento.

Las lecturas se obtienen en cerca de 2 a 3 minutos.



Comprobación de la densidad del material.

Se puede definir a la “garantía de calidad designada” como todo lo que abarca “control de calidad”, “aseguramiento independiente” y la “aceptación” como sus tres componentes dominantes:

GARANTIA EN TRABAJOS

Las pruebas típicas del control de calidad y de aceptación son:

- densidad sobre el terreno
- contenido del asfalto
- graduación del agregado.

CAPITULO V

RECICLADO DE PAVIMENTOS

CAPITULO V: RECICLADO DE PAVIMENTOS

El pavimento reciclado es un producto muy utilizado, ya que una gran cantidad de toneladas de asfalto se muele en los caminos para realizar los diferentes proyectos cada año. De esta cantidad, 80 por ciento se reciclan como “pavimento reciclado de asfalto” (el RAP). Los pavimentos existentes de asfalto representan una gran inversión, mucha de esta inversión pueden ser recuperada utilizando métodos que muelen el material del pavimento en frío.



Dentro de las nuevas técnicas para la rehabilitación de los pavimentos de concreto asfáltico, actualmente se está empleando el sistema de “fresado y sobrecarpeta”, que en términos generales consiste en lo siguiente:

Recortar la parte superior de la carpeta asfáltica por medio de fresadoras y posteriormente colocar una sobrecarpeta nueva.

Fresado

El fresado (también denominado perfilado en frío) ofrece muchas ventajas para la ingeniería de carreteras. Veinte años atrás, las carreteras se diseñaban para un tránsito menor y para vehículos más livianos que los hallados hoy en día.

En consecuencia, muchas carreteras sufren deformaciones y fallas prematuras. El restablecimiento de una superficie uniforme es esencial si se han de reparar apropiadamente estas carreteras. Las agencias responsables de preparar pliegos de especificaciones siempre deben exigir que la carpeta antigua sea completamente quitada al hacer trabajos de reparación. De este modo se proporciona una superficie uniforme para la colocación del pavimento nuevo.

FRESADORAS

Las máquinas fresadoras de pavimentos asfálticos pequeñas se introdujeron por primera vez alrededor de 1970. Su desarrollo se había extendido con rapidez para mediados de la década de los años 70. Las fresadoras han crecido en tamaño y potencia. Ahora son muy simples, confiables y de alta capacidad.

El fresado puede restablecer el peralte y la pendiente correctos de la carretera y eliminar puntos altos y marcas de rodamiento. Muchas veces, el fresado puede reducir o hasta eliminar las agrietamientos.

Se puede lograr un mejor enrasamiento con el fresado que aplicando una capa niveladora de asfalto; además, se logran ahorros considerables.

El fresado en las carpetas asfálticas tiene por objeto eliminar las grietas superficiales y nivelar la superficie de rodamiento.

Para lograr resultados satisfactorios con este método será necesario hacer una elección adecuada de las obras en donde deba emplearse, tomando en cuenta las condiciones estructurales de los pavimentos y la geometría requerida para cada caso en particular.

A continuación se da una relación de los casos en que puede aplicarse este método, así como las recomendaciones particulares para su rehabilitación.

1. Condiciones: cuando se esta reconstruyendo un pavimento en zona urbana y la luz en guarniciones en escasa o nula

Recomendaciones: fresar la carpeta en un espeso de 5.0 cm y colocar una sobrecarpeta de 7.5 cm.

2. Condiciones: En pavimentos agrietados que no presentan deformaciones y cuya estructura no requiere de un esfuerzo considerable.



Recomendaciones:

- Para zonas de transito pesado e intenso, fresar 5.0 cm y colocar una carpetas de 7.5 cm.
- Para zonas de transito ligero y escaso, fresar 2.5 cm y colocar una sobrecarpeta de 5.0 cm.

3. Condiciones: En pavimentos en los cuales se requiere corregir la geometría de la superficie de rodamiento y que no presentan fallas estructurales.

Recomendaciones: Fresar en promedio 5.0 cm procurando uniformizar las pendientes transversales de la superficie y colocar sobrecarpeta de 7.5 cm.

4. Condiciones: En reconstrucciones de pavimentos que cruzan puentes y en los cuales se quieren conservar los gálibos.

Recomendaciones: Independientemente del espesor que se esté colocando en la sobrecarpeta, se fresarán 5.0 cm y se colocará también la carpeta de 5.0 cm, ya que en esta zona no es común que haya deficiencia estructural por estar apoyando el pavimento en losa de concreto hidráulico.

Deberá hacerse una adecuación longitudinal en los niveles de las restantes del pavimento terminado, para evitar cambios bruscos de pendiente que resulten molestos a los usuarios.

Los trabajos de rehabilitación por este sistema, se llevará a cabo de la forma siguiente:

Primeramente, se recortará el pavimento de concreto asfáltico con maquina fresadora (tipo Rotomil) en el espesor que marque el proyecto. Si después de terminado el fresado queda material suelto, como costra de la carpeta asfáltica, deberá eliminarse.

Dentro de las preparaciones para realizar este trabajo, se harán renivelaciones de brocales, cajas de agua, coladeras de piso, tapas de registro y bacheos donde sea necesario.

Como la textura que deja la maquina fresadora es rugosa y favorece la buena adherencia de la nueva capa de concreto asfáltico, no es necesario efectuar piquete de amarre; sin embargo, antes de preceder el riesgo de liga deberá barrerse perfectamente bien, eliminando el polvo y todas las impurezas. El riesgo de liga será con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.7 lt/m² aproximadamente.

La colocación y el tendido de la mezcla asfáltica se realizarán de la misma forma como una mezcla elaborada en caliente.

Durante los trabajos de rehabilitación de la vialidad, es conveniente no dejar la superficie fresada por más de dos días, debido a que los vehículos con esta superficie tienden a enriolarse y a patinar, situaciones que pueden provocar accidentes al frenar o al cambiar de carriles.

No es recomendable realizar estos trabajos en temporada de lluvias, pues se quedaría el agua atrapada, y esta podría provocar fallas mayores que las existentes.

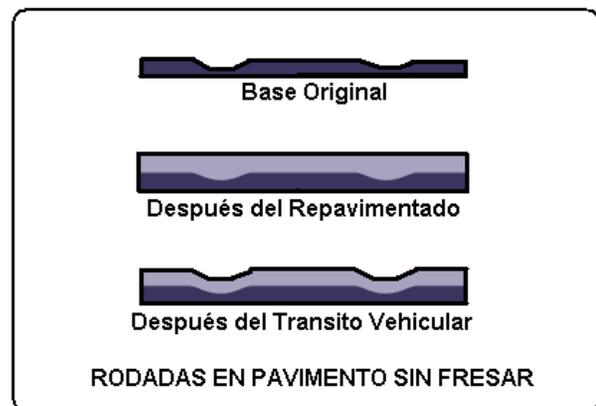
El asfalto reciclado se combina con los agregados nuevos en una planta de mezcla asfáltica caliente para producir nuevo pavimento. El nuevo diseño de la mezcla tendrá que indicar la granulometría del agregado en el pavimento de asfalto de reciclado (RAP) y el contenido del asfalto.

FRESADORAS



Este modelo combina capacidades realzadas de la producción, funcionamiento optimizado y servicio simplificado para terminar trituraciones resistentes con resultados productivos. El motor es confiable, diseñado para la alta producción y duradero, el rotor PM-102 tiene sostenedores de herramienta cónicos del lanzamiento rápido para el reemplazo rápido y fácil de la herramienta. Y el transportador se puede doblar para reducir dimensiones de la máquina durante transporte.

Al nivelar con una fresadora, se debe usar un patín de longitud apropiada para obtener la misma uniformidad de superficie que aquella lograda con una máquina pavimentadora.



Así, una superficie recientemente fresada se entrelaza y une extremadamente bien con la nueva superficie de asfalto que se aplica.

En la actualidad, se puede fresar la superficie de una carretera con un costo aproximadamente igual o menor que el de aplicar una capa ligante.

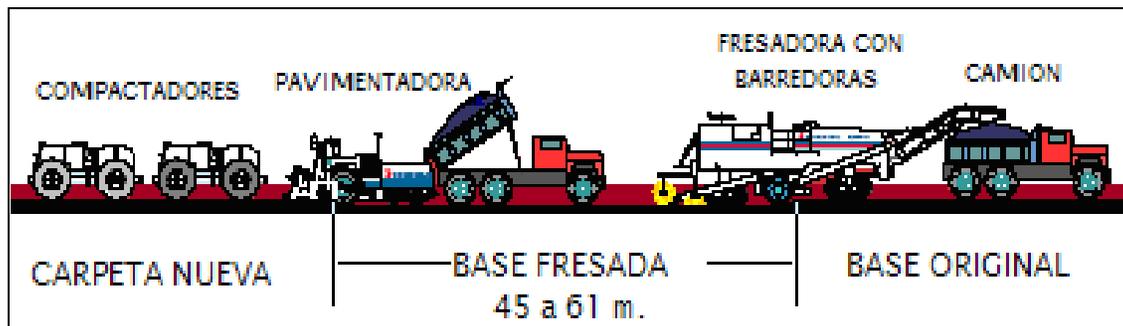
Con una fresadora-cargadora frontal, se recoge automáticamente el material derramado por el transportador. Al utilizar un sistema de barredora integral la mayor parte de los trozos grandes de material fresado se recogen y se cargan automáticamente al cilindro de corte para colocarlos de nuevo sobre el sistema transportador. El material fino que permanece en la carretera se derretirá casi instantáneamente al aplicar una nueva capa de mezcla caliente. De este modo, las partículas finas se convierten en una capa ligante.

Más aun, las zonas fresadas dan una superficie entrelazada mucho más fuerte que la de una capa ligante.



Al utilizar este procedimiento de limpieza con una fresadora de carril completo, se pueden fresar secciones enteras de la carretera, repavimentándolas inmediatamente detrás de la fresadora. Una máquina pavimentadora puede trabajar a unos 45 a 60 metros detrás de la fresadora, dejando suficiente espacio para acarrear mezcla caliente a la pavimentadora. Por su parte, los camiones de mezcla caliente pueden acarrear el material fresado a la planta para reciclarlo. Con este procedimiento, no se permite en ningún momento la circulación de tránsito sobre la superficie fresada.

Típicamente, la fresadora y la pavimentadora ocupan únicamente una sección de 45 metros de la carretera, y las máquinas compactadoras de la nueva superficie ocupan un espacio de menos de 600 metros. Por lo tanto, se logra una desviación mínima del tránsito.



Debido a que esta técnica es un tanto nueva, sus beneficios no son ampliamente conocidos, pero los ahorros logrados al recuperar y reutilizar los materiales, más la reducción de demoras para los automovilistas, deberían convertir esta técnica en el método estándar de la industria.

Se ganan otras ventajas muy importantes con el fresado y repavimentado al efectuar trabajos en autopistas. No se necesita elevar los acotamientos, porque la elevación de la carretera permanece igual.

Además, al fresar la superficie de un puente, su capacidad de carga permanece igual, haciendo innecesario el mejorar su estructura o reducir sus límites de peso.

El fresado es probablemente más provechoso en las ciudades que en cualquier otro sitio.



La mayor parte de ciudades ha recubierto sus calles tantas veces que su desagüe es inadecuado. Las sobrecapas de las calles frecuentemente llegan hasta el nivel de la guarnición y de la cuneta.

Al fresar la calle de vuelta a su perfil original y bajar su elevación a la superficie inicial, se restablece el desagüe correcto y se mejora la seguridad de los conductores. Las cunetas recobran su capacidad de descargar el volumen del agua para el cual se diseñaron originalmente.

Al repavimentar una calle urbana, no es raro que el costo de elevar los registros de servicios públicos exceda el costo de la pavimentación.

Ahorros logrados con el reciclaje

Además de todas las ventajas obtenidas al fresar y perfilar las calles tanto en trabajos urbanos como en carretera, se generan cantidades grandes de material reciclable. (El material reciclable comúnmente se denomina RAP, que significa pavimento asfáltico recuperado por sus siglas en inglés.)

El RAP básicamente vale lo mismo que el material que reemplaza. Puede reemplazar una parte del agregado virgen y del asfalto líquido en una mezcla nueva.

Reciclado

El reciclado de pavimentos es una técnica de rehabilitación, que permite reutilizar los materiales existentes y que puede usarse en todo tipo de pavimentos, desde los pavimentos flexibles a los rígidos, aunque suele emplearse principalmente en pavimentos flexibles.

RECICLADO DE PAVIMENTOS

Si se fresan 40 mm de la superficie y se aplica una capa nueva de 40 mm, se puede reparar y mejorar la calle sin alterar la elevación de los registros. Esto ofrece ahorros significativos, a la vez que genera material de reciclaje que puede añadirse a la mezcla nueva usada para pavimentar la calle.

La finalidad técnica de un reciclado de pavimentos es la restituir las propiedades de las capas que se cortan y reutilizar o incluso mejorarlas. Estas propiedades son básicamente:

- La capacidad estructural, vinculada a la resistencia mecánica (estabilidad)
- La resistencia a la acción del agua
- La resistencia a la fatiga, parcial o totalmente consumida en el material original.

Adquisición y preparación del RAP

Se consigue el RAP de los trabajos de fresado o de perfilado en frío. También puede conseguirse de varias otras fuentes. Las compañías de servicios públicos continuamente hacen cortes y desechan material reciclable valioso. Este material a menudo se encuentra en trozos grandes que requieren ser triturados y procesados.

Para utilizar RAP apropiadamente, es mejor manejarlo como si fuera agregado virgen. Al usarlo en cantidades grandes, se lo debe separar en al menos dos tamaños diferentes para controlar la granulometría. Cuando se poseen fresadoras, salir a fresar pavimentos para obtener material reciclable es más barato que romper y triturar pavimento, porque el material fresado normalmente no requiere trituración.

Durante la trituración los pedazos grandes podrían bloquear la entrada de una trituradora de impacto, creando un problema significativo.

Si se apaga la máquina y el pedazo cae dentro de ésta, no será posible volver a arrancar la trituradora. Y mientras la trituradora esté funcionando, no es seguro retirar el trozo atascado de la misma. Por tanto, es necesario reducir el material a un tamaño apropiado para evitar introducir trozos de sobre tamaño en la trituradora, al hacer esto resulta una producción baja, porque es necesario romper los trozos grandes con las cargadoras, las topadoras u otros métodos que son lentos y costosos.



Cuando se usa una fresadora para extraer pavimento asfáltico el tamaño de los materiales fresados oscila de 50 a 100 mm.

Por lo tanto, una fresadora funciona bien no sólo para el perfilado en frío, sino también como una máquina que podría reemplazar a la trituradora principal.

El campo de aplicación es enorme y va desde el reciclado de carpetas asfálticas con problemas de envejecimiento, hasta el reciclado de capas importantes de bases granulares y carpetas con problemas estructurales, pudiendo formar parte de un proceso de reconstrucción.

Clasificación.

Atendiendo el objetivo de la rehabilitación se pueden clasificar en :

- Tipo I. Reciclado de la carpeta asfáltica, como un proceso de renovación y regularización superficial.
- Tipo II. Reciclado de la carpeta y parte de la base granular, creando una capa de base de alta calidad, y posterior de una capa asfáltica de poco espesor, como un proceso de refuerzo ligero.
- Tipo III. Reciclado total de la carpeta y la base granular, creando una capa de base de alta calidad, y posterior acabado con carpeta asfáltica, lo que constituye una gran rehabilitación o reconstrucción.

En función del procedimiento utilizado para su fabricación y puesta en obra:

- In Situ
 - En frío.
 - Con emulsión rejuvenecedora.
 - Con asfalto modificado.
 - En caliente.
 - Con cemento asfáltico y/o agente rejuvenecedor.
- En planta
 - En frío.
 - Con emulsión rejuvenecedora en plantas mezcladoras.
 - En caliente.
 - En plantas discontinuas de tambor secador mezclador o doble tambor.
 - En microondas

Para poder definir el procedimiento más adecuado que se debe utilizar y elaborar el proyecto respectivo, es necesario conocer la composición vehicular y volumen de tránsito que circula por el tramo de la carretera por rehabilitar y conocer el espesor y calidad de los materiales (agregados y asfalto) de las capas de pavimentos existentes.

Esta característica nos lleva a la necesidad de realizar muestreos de los materiales a reciclar.

La posibilidad de que las características de los materiales varíen a lo largo de la rehabilitación nos obliga a efectuar muestreos permanentes para ratificar o modificar el diseño realizado.

De los muestreos realizados se determinan las siguientes características:

A. Sobre el asfalto envejecido, mediante rotovapor o destilación:

1. Penetración
2. Punto reblandeciente

B. Sobre los agregados recuperados:

1. Granulometría
2. Plasticidad.

Con estos datos se determina, según el tipo de reciclado:

- Necesidad de cribado o trituración (reciclado en planta)
- Tipo y cantidad de agregado virgen para componer las curvas granulométricas
- Tipo y cantidad de conglomerantes hidráulicos para abatir plasticidad, en el caso de reciclado de bases granulares y carpetas.

Reciclado in situ en frío

El reciclado en frío puede agruparse en dos técnicas constructivas:

- a) Reciclado de la carpeta asfáltica.
- b) Reciclado del pavimento incluyendo la carpeta asfáltica y la base hidráulica en su espesor total o parcial.

A. Reciclado de la carpeta asfáltica.

Este tratamiento se aplica en carreteras con la carpeta deteriorada pero que no sufre problemas estructurales de base. Se pretenden eliminar los problemas superficiales como roderas, daños causados por el tráfico, abultamientos, piel de cocodrilo y otras imperfecciones.

El procedimiento consiste en levantar la carpeta vieja hasta una cierta profundidad, sin afectar la base, disgregar el material, aplicarle un ligante en caso de que se requiera y un agente rejuvenecedor que permita que el asfalto recupere parte de sus propiedades originales, tenderlo nuevamente y compactarlo.

Posteriormente se aplica un riego de sello ya sea con gravilla o con mortero asfáltico, o se aplica una capa de mezcla en caliente con espesor variable, en función del tipo e intensidad del tráfico que va a tener la carretera.

B. Reciclado total.

Es un método reciclado que pretende producir una base estabilizada. Este tratamiento se aplica a carreteras donde tanto la base como la carpeta presenten problemas.

En este procedimiento se recicla conjuntamente la carpeta con la base o parte de ella, corrigiendo en su caso, la granulometría resultante, mediante la adición de agregado triturado de buena calidad y se controla la plasticidad mediante la adición de cal o cemento hidráulico.

A esta mezcla se le adiciona un ligante en forma de emulsión y el agua necesaria para lograr el contenido asfáltico requerido. Después de completarse el mezclado, el material de base está listo para nivelarse y compactarse. Puede ser necesario aplicar después un riego de liga para asegurar una buena adherencia entre la nueva base y la carpeta de desgaste.

El reciclado en frío se realiza con máquinas autopropulsadas que permiten disgregar adecuadamente los materiales con la granulometría especificada, dosificar apropiadamente el agua y la emulsión requerida y mezclar estos últimos con los agregados. Dependiendo del tipo de máquina, el tendido del material reciclado lo realiza la misma máquina mediante la rastra, o se efectúa con una motoconformadora. La compactación se realiza con medios convencionales.

Ventajas del reciclado en frío:

1. Se aprovechan los agregados pétreos que ya existen en la carretera por lo que se conservan los bancos de materiales, esto le confiere a esta técnica una componente ecológica muy importante.
2. Se aprovecha asfalto que ya esta en la carretera con el consiguiente ahorro del mismo, esto se logra mediante la adición de agentes rejuvenecedores, con estos se pueden incluso mejorar las condiciones iniciales del cemento asfáltico.
3. los costos de acarreo total de estos materiales se eliminan del costo total de la obra.
4. la capa de rodamiento se abarata ya que se logran buenos resultados con sellos o carpetas de poco espesor. Para obtener los mismos resultados se requerirán sobre carpetas de mayor espesor.
5. Se elimina el reflejo de las grietas. Las obras recicladas tardan más tiempo en presentar las grietas de la base y en muchos casos estas desaparecen.
6. Los trabajos de reciclado se realizan en muy poco tiempo por lo que los trastornos ocasionados a los usuarios del camino son mínimos.
7. Permite restablecer el bombeo de la carretera y modificar perfiles.
8. Conserva energía ya que no se requiere calentar ni el asfalto, ni el agregado y no requiere ser secado antes de la operación del reciclado.

9. Economía en el proceso de mantenimiento, por los ahorros en acarreos, materiales...

Reciclado en Situ en caliente.

Este procedimiento de reciclado es aconsejable en rehabilitación de renovación y regularización de la carpeta asfáltica.

El proceso consiste en pasar el equipo calentador de paneles especiales de flama directa, cuya función es hacer el precalentamiento del pavimento a tratar. Este calentamiento deberá ser suficiente para ablandar al pavimento al grado que pueda ser escarificado a la profundidad especificada y se hará de una manera que asegure un ablandamiento uniforme y no carbonice el asfalto. Para proveer un punto de apoyo longitudinal la orilla uniforme de material asfáltico deberá ser calentada a un ancho de al menos 5 cm. Mas allá del ancho que va a ser estratificado y reciclado.

Las limitaciones climáticas para este trabajo serán de un mínimo de 10°C

Inmediatamente después se procederá a pasar el equipo calentador y escarificador de carpeta asfáltica de paneles especiales de flama directa y recuperador, después de este segundo calentamiento de la superficie este será escarificado a una profundidad de 2.5 cm. El material escarificado tendrá una temperatura entre 110°C y 130°C depositando el material en el centro del carril, siendo mezclado y tratado por un agente reciclante.

Posteriormente a estas dos fases del tratamiento se continúa con pasar el equipo calentador y escarificar la carpeta asfáltica, recuperar, mezclar, calentar y elevar el material, el cual tendrá por función calentar nuevamente la superficie de tratamiento e ir juntando el material acamellonado y lo pasará a la parte final de este equipo donde será mezclado con el material reciclado de segundo corte y con el material virgen necesario. Posteriormente esta mezcla es transportada mediante bandas y colocado con los espesores indicados según el proyecto. Es importante mencionar que la temperatura a la que el material debe ser tendido es entre 100°C y 130 °C

Diseño de la mezcla

Cuando se usa de modo apropiado, la introducción de RAP en una mezcla nueva puede producir una mezcla de calidad igual o superior que una obtenida con sólo materiales vírgenes. Como se mencionó anteriormente, el RAP debe manejarse como cualquier otro material virgen. A menudo, los productores desean usar cantidades grandes de RAP prestando poca atención al diseño de la mezcla. El análisis de la economía demuestra que no importa realmente el porcentaje de RAP que se añada a la mezcla, siempre y cuando se use todo el RAP disponible.

Equipo Para Reciclaje

Las plantas de bachas y las plantas mezcladoras continuas de tambor pueden preparar mezclas de alta calidad usando RAP. Sin embargo, los operadores deben tomar ciertas precauciones y evitar problemas relacionados con el uso de RAP

Plantas dosificadoras

En una planta de bachas, el RAP se le puede añadir al agregado virgen en uno de los pasos de los procesos de producción. Hay cinco métodos para usar RAP en una planta dosificadora, en todos estos métodos, es necesario sobrecalentar el agregado virgen. El agregado virgen sobrecalentado calienta el RAP.



Reciclado en una planta en frío:

Proceso:

- Muestreo del material a fresar. Determinación del agregado virgen y emulsión rejuvenecedora a utilizar.
- Diseño de la mezcla en frío
- Fresado del material en frío y traslado a la planta de fabricación.
- Triturado y/o cribado del material fresado
- Fabricación en planta mezcladora
- Traslado a obra, tendido y compactación por medios convencionales.

Consideraciones:

- Los procesos de fabricación en planta, permiten la fabricación de mezclas en frío de alta calidad.
- Permiten utilizarse tanto en rehabilitaciones de renovación y regularización de la carpeta asfáltica, como en refuerzos incrementando el espesor de la mezcla reciclada o colocando sobrecarpeta.

Reciclado en una planta en caliente:

Proceso: El proceso de reciclado en planta requiere de las siguientes actividades especiales:

- Muestreo de los tramos a reciclar para determinar el agregado virgen y emulsión rejuvenecedora a utilizar.
- Diseño de la mezcla mediante procedimiento marshall.
- Triturado y/o cribado del material fresado
- Análisis del material fresado para ratificar el diseño
- Fabricación en planta de tambor-secador-mezclador o doble tambor
- Traslado a obra, tendido y compactación por medios convencionales.

Consideraciones:

- Las altas temperaturas en los secadores pueden provocar la ignición del material fresado con pérdida de características y alta contaminación, las plantas recomendadas disponen de los dispositivos adecuados para proteger de los quemadores la mezcla a reciclar de manera que la homogenización del producto final se produce a temperaturas adecuadas para cada uno de los componentes.
- Los procesos de reciclado en planta fija, permiten la fabricación de mezclas de alta calidad
- Este proceso se utiliza en rehabilitaciones para renovación y regularización de la carpeta asfáltica y, en refuerzos, colocando una sobrecarpeta.

MODELO E3-300

Esta línea de plantas pavimentadoras continuas de tambor de contracorriente marca la revolución por su diseño del tambor, combinando alta productividad y altas capacidades del porcentaje de pavimento reciclado con simplicidad y confiabilidad.

CARACTERISTICAS:

- Disponible en arreglos portátiles
- Es rodeado por compartimientos de asfalto reciclado que lo calienta antes de mezclarlo.
- Flujo automático del asfalto.

CAPITULO VI

EJEMPLOS

CAPITULO VI: EJEMPLOS

Una de tantas formas de calcular el costo horario de una máquina es la que se muestra a continuación:

Tipos, aplicaciones y costos unitarios del equipo de construcción.

Partes y mecanismos principales de los equipos usuales en la construcción.

Equipos de pavimentación:

Análisis de costos por unidad de tiempo de la maquinaria empleada en trabajos de construcción.

COSTO DIRECTO EQUIPO Y HERRAMENTA \$ _____

Para calcular el costo horario se consideran los siguientes cargos

Cargos fijos

- Cargo por depreciación
- Cargo por inversión
- Cargo por seguro
- Cargo por mantenimiento

Cargos por consumo

- Cargo por consumo de combustible
- Cargo por consumo de lubricante
- Cargo por consumo de llantas
- Cargo por consumo de electricidad
- Cargo por consumo de aire
- Cargo por piezas de desgaste rápido
- Cargo por operación

Cargo horario por depreciación

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

D = cargo horario por depreciación

Va = valor inicial de la maquina

$$(Va = Pa - VII)$$

Pa = precio de adquisición

(Pa = Precio en origen + Transporte + Herramienta de trabajo + Gastos importación)

VII = Valor de llantas

Vr = Valor de rescate (Valor del equipo al final de su vida económica)

Vr = % Pa

Ve = Vida económica

(Tiempo en horas en el que el equipo nos proporciona un trabajo eficiente, oportuno y económico)

Cargo horario por inversión

$$I = [(Va + Vr) / (2)] X (1 / Ha) i$$

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i$$

I = Cargo horario por inversión

Va = Valor inicial

Vr = Valor rescate

i = Tasa de interés anual

Ha = Horas de trabajo al año

(Va + Vr) / 2 = Valor medio de la máquina durante su vida económica

Cargo horario por seguro

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s$$

S = Cargo horario por seguro

Va = Valor inicial

Vr = Valor de rescate

s = Prima de seguro anual expresada en porciento (3 - 6 %)

Ha = Horas de trabajo de la máquina al año

Cargo horario por mantenimiento

$$M = QD$$

M = Cargo horario por mantenimiento

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento correctivo

Q = Coeficiente de mantenimiento

D = Cargo horario por depreciación

Cargo horario por consumo de combustible

$$E = e P_c$$

E = Cargo horario por consumo de combustible

e = Consumo horario de combustible.

Para gasolina e = 0.24 litros X HPop

Para diesel e = 0.20 litros X HPop

HPop = HP X F.O.

HPop = Potencia de operación

HP = Potencia nominal o de placa del motor

F.O. = Factor de operación (Uso promedio de la potencia del motor)

F.O. = De 0.5 a 0.85

Pc = Precio del combustible

Cargo horario por consumo de lubricante

$$L = a PI$$

L = Cargo horario por consumo de lubricante

a = Consumo horario de aceite

Para motores con potencia de placa:

Igual o menor de 100 HP $a = c/t + (0.0030 \times HPop)$

Mayor de 100 HP $a = c/t + (0.0035 \times Hpop)$

c = Capacidad del carter

t = Tiempo entre cambios de aceite

PI = Precio del lubricante

Cargo horario por consumo de llantas

$$LI = \frac{V_{II}}{H_{II}}$$

V_{II} = Valor de adquisición de llantas.

H_{II} = Vida económica de las llantas.

H_{II} = Vida de fabricante (aprox. 5000 hr.) * F_1 * F_2 * F_3 F_8

[Ver tabla de factores](#)

$$E_w = 0.653 \text{ HP} \times P_w$$

E_w = Cargo horario por consumo de electricidad

0.653 HP = Consumo horario de electricidad

P_w = Precio del kilowatt-hora

Cargo horario por consumo de aire comprimido

$$E_A = C_A \times P_A$$

E_A = Cargo horario por consumo de aire

C_A = Consumo horario de aire

P_A = Precio del aire comprimido

Cargo horario por piezas de desgaste rápido

$$P_d = \frac{V_P}{H_P}$$

P_d = Cargo horario por pieza de desgaste rápido

V_P = Valor de adquisición de la pieza

H_P = Vida económica de la pieza

Cargo horario por operación

$$O = \frac{SR}{H}$$

O = Cargo horario por operación

SR = Salario real del personal necesario para la operación

H = Horas efectivas de trabajo $H = H_j \times F.R$

H_j = Horas de la jornada

$F.R.$ = Factor de rendimiento (0.5-0.85)

Tabla para determinar la vida económica de las llantas

	Factor
Condiciones	
1.- De mantenimiento:	
Excelentes	1.00
Medias	0.90
Deficientes	0.70
2.- Velocidad de tránsito: (máxima)	
16 Km. por hora	1.00
32 Km. por hora	0.80
48 Km. por hora	0.60
3.- Condiciones de la superficie de rodamiento:	
Tierra suave sin roca	1.00
Tierra suave incluyendo roca	0.90
Caminos bien conservados con superficie de grava compactada	0.70
Caminos mal conservados con superficie de grava compactada	0.60
4.- Posición de las llantas:	
En los ejes traseros	1.00
En los ejes delanteros	0.90
En el eje de tracción.	
Vehículos de descarga trasera	0.80
Vehículos de descarga de fondo	0.70
Motoescrapas y similares	0.60
5.- Cargas de operación:	
Dentro del límite especificado por los fabricantes	1.00
Con 20% de sobrecarga	0.80
Con 40% de sobrecarga	0.50
6.- Densidad y grado de curvas en el camino:	
No existen	1.00
Condiciones medias	0.90
Condiciones severas	0.80
7.- Pendientes de los caminos (Aplicables a las llantas del eje tractor):	
A nivel	1.00
5% como máximo	0.90
10% como máximo	0.80
15% como máximo	0.70
8.- Otras condiciones diversas:	
Inexistentes	1.00
Medias	0.90
Adversas	0.80

Formato para el análisis del costo directo: Hora-Máquina

ESTRUCTORA: _____ _____ OBRA: _____	Máquina: _____ Modelo: _____ Datos Adic: _____ _____	Hoja No: _____ Calculo: _____ Revisó: _____ Fecha: _____																																																																
DATOS GENERALES.																																																																		
Precio adquisición: \$ _____ Fecha cotización: _____ Equipo adicional: Vida económica (Ve): _____ años _____ Horas por año (Ha): _____ hr/año _____ Motor: _____ de _____ HP Valor inicia (Va) \$ _____ Factor operación: _____ Valor rescate (Vr): _____% = \$ _____ Potencia operación: _____ H.P.op Tasa interés (i): _____% Factor mantenimiento (Q): _____ Prima seguros (s): _____%																																																																		
I CARGOS FIJOS.																																																																		
a) Depreciación: $D = (Va - Vr) / Ve = \underline{\hspace{2cm}} = \$$ b) Inversión: $I = [(Va + Vr) / 2 Ha] j = \underline{\hspace{2cm}} =$ c) Seguros: $S = [(Va + Vr) / 2 Ha] s = \underline{\hspace{2cm}} =$ d) Mantenimiento: $M = Q D = \underline{\hspace{2cm}} =$																																																																		
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$: _____																																																																		
II. CONSUMOS																																																																		
a) <table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:15%;">Diesel:</td> <td style="width:15%;">E = 0.20</td> <td style="width:15%;">x _____</td> <td style="width:15%;">H.P:</td> <td style="width:15%;">op</td> <td style="width:15%;">x \$ _____</td> <td style="width:15%;">/ lt.</td> <td style="width:15%;">= \$ _____</td> </tr> <tr> <td>Gasolina:</td> <td>E = 0.24</td> <td>x _____</td> <td>H.P:</td> <td>op</td> <td>x \$ _____</td> <td>/ lt.</td> <td>= \$ _____</td> </tr> </table> b) Otras fuentes de energía: _____ = _____ c) <table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:15%;">Capacidad</td> <td style="width:15%;">carter</td> <td style="width:15%;">:</td> <td style="width:15%;">C</td> <td style="width:15%;">=</td> <td style="width:15%;">_____</td> <td style="width:15%;">Pe</td> <td style="width:15%;">litros</td> </tr> <tr> <td>Cambios</td> <td>de</td> <td>aceite:</td> <td>t</td> <td>=</td> <td>_____</td> <td>horas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>a =</td> <td>C/t</td> <td>+ 0.0035</td> <td>x _____</td> <td>H.P.</td> <td>op =</td> <td>_____</td> <td>lt/hr.</td> </tr> <tr> <td>a =</td> <td>C/t</td> <td>+ 0.0030</td> <td>x _____</td> <td>H.P.</td> <td>op =</td> <td>_____</td> <td>lt/hr.</td> </tr> </table> ∴ L = _____ lt/hr x \$ _____ / lt. = _____ d) <table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width:15%;">Llantas</td> <td style="width:15%;">:</td> <td style="width:15%;">Ll</td> <td style="width:15%;">=</td> <td style="width:15%;">Vll</td> <td style="width:15%;">/</td> <td style="width:15%;">Hv</td> <td style="width:15%;">horas</td> </tr> <tr> <td>Vida</td> <td>económica:</td> <td>Hv</td> <td>=</td> <td>_____</td> <td></td> <td>_____</td> <td>horas</td> </tr> </table> ∴ Ll = \$ _____ / _____ horas = _____			Diesel:	E = 0.20	x _____	H.P:	op	x \$ _____	/ lt.	= \$ _____	Gasolina:	E = 0.24	x _____	H.P:	op	x \$ _____	/ lt.	= \$ _____	Capacidad	carter	:	C	=	_____	Pe	litros	Cambios	de	aceite:	t	=	_____	horas		a =	C/t	+ 0.0035	x _____	H.P.	op =	_____	lt/hr.	a =	C/t	+ 0.0030	x _____	H.P.	op =	_____	lt/hr.	Llantas	:	Ll	=	Vll	/	Hv	horas	Vida	económica:	Hv	=	_____		_____	horas
Diesel:	E = 0.20	x _____	H.P:	op	x \$ _____	/ lt.	= \$ _____																																																											
Gasolina:	E = 0.24	x _____	H.P:	op	x \$ _____	/ lt.	= \$ _____																																																											
Capacidad	carter	:	C	=	_____	Pe	litros																																																											
Cambios	de	aceite:	t	=	_____	horas																																																												
a =	C/t	+ 0.0035	x _____	H.P.	op =	_____	lt/hr.																																																											
a =	C/t	+ 0.0030	x _____	H.P.	op =	_____	lt/hr.																																																											
Llantas	:	Ll	=	Vll	/	Hv	horas																																																											
Vida	económica:	Hv	=	_____		_____	horas																																																											
SUMA CONSUMOS POR HORA \$: _____																																																																		
III. OPERACIÓN.																																																																		
Salarios : _____ \$ _____ S Operador: _____ _____ _____																																																																		
Sal / turno-prom: _____ \$ Horas / _____ (H) H = 8 horas x _____ (factor rendimiento) = _____ horas ∴ O = S/H = \$ _____ / _____ horas = _____																																																																		
SUMA OPERACIÓN POR HORA \$: _____																																																																		
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$: _____																																																																		

PROBLEMA No.1 PRODUCCION Y COLOCACION DE PAVIMENTO

Producción de pavimento

Una planta del asfalto puede producir 324 toneladas por la hora (tph). Un proyecto requiere pavimentar carriles individuales de 12 pies con 2 adentro. Y la capa de riego tiene un rendimiento de 112 lb/sy-in.

¿Qué pavimentador emparejará la producción de planta? ¿Cuántos camiones de fondo-descarga de 20 toneladas se requieren para acarrear el material si la duración de ciclo total del transporte es 55 minutos?

$$\frac{324 \text{tph}}{60 \text{ min/hr}} = 5.4 \text{ toneladas/producción de planta media}$$

$$2 \text{ in. (grosso)} \times \frac{12 \text{ ft (amplio)} \times 1 \text{ ft (logitud)}}{9 \text{ pies cuadrados de sy}} = 2.66 \text{ sy-in./ft que pavimenta longitud}$$

$$\frac{2.66 \text{ sy-in.} \times 112 \text{ lb/sy-in.}}{2,000 \text{ lb/ton}} = 0.149 \text{ ton/ft de pavimentar longitud}$$

$$\frac{5.4 \text{ ton/min}}{0.149 \text{ ton/ft}} = 36.2 \text{ ft/min, velocidad media del pavimentador}$$

$$20 \text{ toneladas por camion} \times \frac{60 \text{ min/hr}}{324 \text{tph}} = 21.8 \text{ tph por camion- ciclo mínimo}$$

$$= 14.9 \text{ camiones}$$

21.8 tph por camion
se requieren, 15 camiones.

Otra manera de analizar la situación sería considerar tiempo. El pavimentador requiere un camion cada 20 toneladas

20 tons por camion

df= 3.7 min, necesita el pavimenmtador

$$\frac{55 \text{ min (los camiones totales de la duración de ciclo)}}{3.7 \text{ min (necesita un pavimentador)}} = 14.9 \text{ or } 15 \text{ camiones}$$

Éste es el número mínimo de los camiones requeridos. Sin embargo, el tiempo del transporte es raramente constante, así que los carros adicionales se deben asignar al proyecto para evitar el tener que parar el pavimentador.

PROBLEMA No.2 VELOCIDAD DE COLOCACION DE PAVIMENTO

La calidad de un trabajo, en que se empleó carpeta de mezcla asfáltica elaborada en planta, lo califica el usuario; generalmente, lo hace por la frecuencia con que se siente o escucha golpes de las llantas de su camión con cada borde transversal. Estos bordes (que pueden estar dentro de la tolerancia), se pueden y deben evitar.

Para hacerlo, se deben eliminar interrupciones en la llegada de los camiones, pues la espera de la extendedora enfría la mezcla que queda bajo su plancha maestra, obstruyendo la uniformidad del extendido. Además tampoco se deben poner camiones en exceso; por lo que, lo mejor es trabajar la extendedora en una velocidad ligeramente mayor que la capacidad de la planta convertida en metros/minuto.

Por ejemplo, una planta de 90 toneladas/hora de capacidad establecería la velocidad de la extendedora; suponiendo 5 cm. de espesor, 3.60 m de ancho de extendido y el peso de la mezcla de 2.3 Ton/m³.

El peso de un metro de carpeta es:
 $3.60 \text{ m.} \times 0.05 \times 1.0 \text{ m.} \times 2.3 \text{ Ton/m}^3 = 0.414 \text{ Ton/m.}$

La planta produce 1.4 Ton/minuto.

La velocidad de extendido debe ser un poco mayor de :

$$\frac{1.5 \text{ Ton/min}}{0.414 \text{ Ton /min}} = 3.6 \text{ m/min}$$

Esta velocidad le permite trabajar continuamente a la extendedora, evitándose los bordillos.

PROBLEMA No.3 PLANTAS DE MEZCLA ASFÁLTICA

Se desea calcular el volumen de vapor producido por una planta de bachas para obtener el tamaño necesario de la bag house (casa de bolsas), si la planta tiene una capacidad de 3630 kg usando 30 por ciento de Pavimento asfáltico reciclado (RAP) con 5 por ciento de humedad:

$$3630 \times 0,30 = 1089 \text{ kg de RAP}$$

$$5 \% \text{ de humedad} = 0,05 \times 1089 \text{ kg} = 54,5 \text{ kg de agua}$$

$$\text{Vapor} = 54,5 \times 2,06 \text{ m}^3 \text{ por kg} = 112 \text{ m}^3 \text{ de vapor}$$

La descarga de la tolva de pesaje normalmente tarda alrededor de 5 segundos.
($112 \times 60 / \square 5 = 1346$).

Durante ese tiempo, se genera vapor a razón de 1346 m³/min

Aunque este volumen se genera únicamente durante cinco segundos, requerirá una casa de bolsas (baghouse) que pueda manejar 1400 m³/min para dar salida al vapor del mezclador durante este período. Sin embargo, al aumentar el tiempo de descarga de la tolva de pesaje a diez segundos, se reduce el volumen de vapor a 673 m³/min, reduciendo así la capacidad necesaria de la casa de bolsas.

Otra solución

Aunque no es un método muy práctico, un método alternativo de captura del vapor consiste en construir una cámara grande detrás de la planta. La cámara sirve de recipiente de compensación hacia el cual puede escapar el vapor de la explosión.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

Durante la realización del presente trabajo se analizaron varias situaciones relacionadas con los pavimentos en particular con los pavimentos de mezcla asfáltica caliente y se llegaron a las siguientes conclusiones

Se debe tener una buena selección en la elección de agregados, ya que el éxito de tener una carpeta asfáltica de buena calidad se debe en gran medida a los agregados, es por esto que bajo cualquier circunstancia se deben determinar las propiedades de los materiales pétreos, así como su granulometría y la determinación de las propiedades físicas de los cementos asfálticos. Es muy importante utilizar nuevos y mejores materiales además de la importancia de dominar técnicas y utilizar los avances desarrollados para este fin . sin embargo, no se debe perder de vista los aspectos económicos. El empleo de estos materiales es generalmente más costoso, por lo que es necesario realizar un estudio de las necesidades que requiera cada proyecto.

Cuando se realiza el estudio para el diseño de carpetas nuevas y para la rehabilitación de las mismas, se deben utilizar técnicas y procesos vigentes, considerando los efectos del tránsito, el clima, el drenaje, los materiales a emplear, estos efectos están ligados entre si, debido a que los efectos del tránsito originan importantes incrementos en el número y el peso de los vehículos de mayor carga, esto ha generado la necesidad de la introducción de nuevos materiales, más resistentes y durables los cuales deberán estar sujetos a mejores controles y estándares de calidad, actualizando la situación particular de cada proyecto, esto es importante ya que el tipo de emulsiones asfálticas que se pueden utilizar no es igual en todas las zonas, esta depende de la temperatura y otras condiciones como se aprecia en el capítulo II se muestra una tabla con los tipos de emulsiones asfálticas para cada zona de la republica mexicana.

En el campo de la construcción se enfrenta a grandes retos, ya que ha habido y habrá cambios importantes en los equipos y maquinarias son cada vez mas potentes y versátiles, con cada vez mayor participación electrónica, así como de dispositivos más sensibles que permiten obtener mejores condiciones de acabado superficial como sensores electrónicos, rayos láser etc. Por esto es necesario siempre aplicar todos los elementos a requerir dentro de la planeación de un proyecto, es importante también el estudio y análisis de los procesos constructivos para manejar una buena logística y no interrumpir unos trabajos con otros y así obtener óptimos resultados.

La importante magnitud de inversiones involucradas en la construcción de pavimentos nos lleva la practica de estudios importantes como los análisis de costos de maquinarias, donde se alimentan con los datos de cada proyecto con la finalidad de satisfacer sus necesidades particulares y así, obtener los resultados que nos ayudarán a realizar una buena inversión en la selección de equipo y maquinaria, como en el caso particular de la selección de pavimentadoras, existen dos opciones, o de orugas o neumáticas esta decisión depende no del tipo de maquina sino principalmente de la capacidad de la planta y del tamaño de los camiones.

El reciclaje ofrece enormes ventajas para la industria de pavimentación con asfalto. Las carreteras de asfalto logran un ciclo de vida infinito como consecuencia de la capacidad de extraer un material superficial viejo y volverlo a procesar. Cuando los ingenieros calculen los costos de ciclos reales de vida, las carreteras de asfalto considerando el reciclado, resultarán ser mucho más rentables que las de concreto. Y debido a que las máquinas fresadoras pueden reparar las carreteras de asfalto y reestablecer los peraltes con interrupciones mínimas para los automovilistas, el asfalto debería convertirse en el material óptimo para la construcción de carreteras.

El uso de material generado del fresado puede reducir de modo significativo el costo de la mezcla de asfalto caliente. Más aun, los materiales fresados obtenidos de un trabajo de autopista frecuentemente exceden la cantidad de material reciclado colocado en esa misma autopista. Esto genera un exceso de material que puede ser usado en trabajos comerciales y privados para reducir más los costos de la industria.

Por todo esto, la pavimentación con mezcla asfáltica es y continuará siendo una importante ventaja para la industria de la construcción.

BIBLIOGRAFÍA:

David A. Day, P.E.

CONSTRUCTION EQUIPMENT GUIDE

United States of America

M.D. Morris P.E., 1973

Peurifoy, Robert L, schexnayder, Clifford

CONSTRUCTION PLANNING, EQUIPMENT AND METHODS

United States of America

Mc Graw hill, 2005

Pasquel Lujan Roberto

TRANSPORTACIÓN, COLOCACIÓN Y COMPACTACION DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE

México. UNAM.

Gil Valdivia Emilio

CARPETA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

México. UNAM.

PÁGINAS WEB:

<http://www.asphalhotmix.com>

<http://www.asphaltinstitute.org>

<http://www.caterpillar.com>

<http://www.writgen.com>