

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Departamento de Ingeniería Civil**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**



**Propuesta de quiz multimedia para un plan de  
estructura de pavimento usando concreto  
asfáltico**

**Guatemala**

**2003**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**Departamento de Ingeniería Civil**

**Facultad de Ciencias y Humanidades**



**Propuesta de quiz multimedia para un plan de  
estructura de pavimento usando concreto  
asfáltico**

**Pedro Rodrigo de Jesús Ramírez Leal**

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

**Guatemala**

**2003**

**BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

**Por brindarme el regalo de la vida.**

### **A MIS PADRES**

**Salvador Ramírez Díaz  
Annabella Leal de Ramírez**

**Quienes siempre, con sus consejos y ejemplos, me han apoyado y guiado por el buen camino de la vida.**

### **A MIS HERMANOS Y HERMANAS**

**Ana Isabel de Fátima  
Pablo Antonio  
Salvador Francisco y Geraldina  
Magda Annabella y Arturo**

### **A MI TIA Y PRIMAS**

**María Lucrecia Bautista  
Mariajosé y Clara María**

### **A MI NOVIA**

**Dallana Ortiz**

### **A TODOS MIS SOBRINAS Y SOBRINOS**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

**Por todas las oportunidades y bendiciones para poder cumplir con mis sueños.**

### **A MIS PADRES**

**Salvador Ramírez Díaz  
Annabella Leal de Ramírez**

**Por el apoyo incondicional brindado, para terminar con éxito este trabajo.**

### **A MIS HERMANOS Y HERMANA**

**Salvador Francisco, Pablo Antonio y Magda Annabella**

**Ya que cada uno fue parte importante por sus aportes y su ayuda.**

### **A MI DIRECTOR DE DEPARTAMENTO**

**Ing. Franklin Matzdorf**

### **A LOS QUE COLABORARON CON ESTE TRABAJO**

**Ing. Carlos Jerez  
Ing. José Corrales**

### **A MI NOVIA**

**Dallana Ortiz**


**Por compartir junto a mi todo este tiempo de sacrificio y esfuerzo y por ser quién siempre permaneció a mi lado, brindándome todo su apoyo y ayuda.**

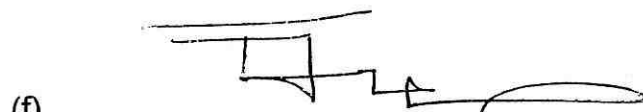
### **A LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

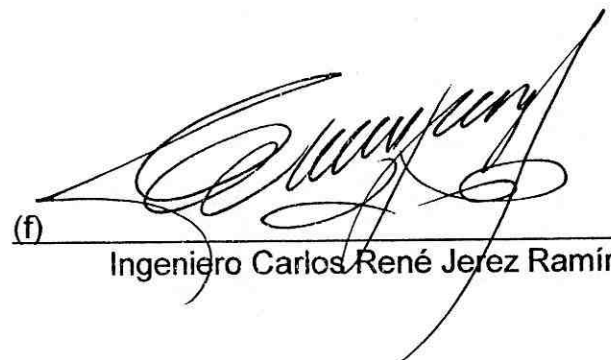
**Vo.Bo.:**

(f)   
Ingeniero Carlos René Jerez Ramírez

**Tribunal Examinador:**

(f)   
Ingeniero Franklin Matzdorf Monroy

(f)   
Ingeniero Fernando José López Portillo

(f)   
Ingeniero Carlos René Jerez Ramírez

Fecha de aprobación: 24 de octubre del 2,003

# CONTENIDO

	Páginas
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE ILUSTRACIONES	xi
RESUMEN	xiii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
A. Objetivo general	2
B. Objetivos específicos	2
II. DEFINICIONES	3
A. Pavimentos	3
1. Infraestructura	3
2. Superestructura	3
B. Principales funciones de los pavimentos	3
C. Pavimentos flexibles	4
D. Pavimentos rígidos	4
E. Superestructura del pavimento	5
1. Sub-rasante	5
2. Balasto	6
3. Sub-base	6
4. Base	7
5. Riego de Imprimación	8
6. Riego de liga	8
7. Capa de rodadura	9
F. Otras estructuras	9
1. Drenajes	9
2. Clasificación	
3. División	10
a. Drenaje superficial	11

b. Drenaje subterráneo	11
c. Drenaje menor	11
d. Drenaje mayor	12
III. MATERIALES	13
A. Descripción, obtención y especificaciones	13
1. Material de excavación	13
2. Material de sub-rasante	14
3. Material de balasto	15
4. Material de sub-base	15
5. Material de base	16
6. Material bituminoso	18
a. Asfaltos líquidos de fraguado lento	18
b. Asfaltos líquidos de fraguado medio	19
c. Asfaltos de fraguado rápido	19
d. Cemento asfáltico	19
e. Emulsiones asfálticas	19
7. Especificaciones para uso de asfaltos	20
8. Materiales para elaboración de concreto asfáltico	21
a. Cemento asfáltico	21
b. Agregado grueso	22
c. Agregado fino	22
9. Material para elaboración de concreto hidráulico	23
IV. MAQUINARIA Y EQUIPO BASICO	26
A. Descripción	26
1. Equipo de corte	26
2. Equipo de carga	30
3. Equipo de acarreo	33
4. Equipo de corte, carga y acarreo	33
5. Equipo de conformación y afinamiento	34

6. Equipo de compactación	34
7. Regadores de agua	40
8. Distribuidores de asfalto	40
9. Equipo de colocación de asfalto	42
10. Equipo para mezcla, estabilización y perfiladoras	43
11. Equipo de trituración y cribado	46
12. Plantas de mezcla de suelo cemento y mezcla asfáltica en frío	48
13. Planta de mezcla de concreto asfáltico	49
14. Plantas dosificadoras o mezcla de concreto hidráulico	54
15. Equipo auxiliar	55
a. Mantenimiento	55
b. Topografía	56
c. Laboratorio de suelos	57
V. METODOLOGIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	60
A. Limpia, chapeo y destronque	60
B. Movimiento de tierras	61
C. Drenaje menor	63
D. Sub-rasante	64
E. Capa de Sub-base	66
F. Capa de base	67
G. Imprimación	68
H. Riego de liga	70
I. Colocación de concreto asfáltico	71
J. Drenajes	74
1. Drenaje superficial	74
2. Drenaje subterráneo	75
K. Señalización	75
1. Señales horizontales	75
2. Señalización vertical	76

VI. CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	77
A. Ensayos de campo	78
B. Ensayos de laboratorio	78
VII. SITUACIONES ESPECIALES	86
A. Fisuras y grietas	86
1. Fisuras en forma de piel de cocodrilo	86
2. Fisuras en forma de bloque	86
3. Fisuras en forma de arco	87
4. Fisuras de forma transversal	87
5. Fisuras de forma longitudinal	87
6. Fisuras debido a reflexión de juntas	87
B. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos	88
1. Ahuellamiento	88
2. Corrimiento	88
3. Corrugación	89
4. Hinchamiento	89
5. Hundimiento	89
C. Desintegración en los pavimentos asfálticos	89
1. Bache	89
2. Peladura	90
3. Desintegración de bordes	90
D. Otros deterioros	90
1. Exudación de asfalto	90
2. Parchados y reparaciones de servicios públicos	90
E. Reparaciones	91
1. Bacheo menor de carreteras pavimentadas	91
2. Bacheo mayor de carreteras pavimentadas	91
3. Sello de grietas en superficies asfálticas	91
4. Colocación de capas asfálticas de refuerzo	92

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Tipos de graduación para material de base	17
3.2	Especificaciones para material bituminoso utilizado en imprimación	20
3.3	Especificación de granulometría para arena utilizada Como material secante	20
3.4	Especificaciones para material bituminoso utilizado Para riego de liga	21
3.5	Requisitos del agregado grueso para concreto asfáltico	22
3.6	Requisitos del agregado fino utilizado en la fabricación de concreto asfáltico	22
3.7	Rangos de granulometría requeridos para agregados utilizados en la fabricación de concreto asfáltico en caliente	23
3.8	Tamaño y clasificación de los agregados	24
3.9	Requisitos de graduación del agregado fino para la fabricación De concreto hidráulico	25
3.10	Requisitos de graduación del agregado grueso utilizado para la fabricación de concreto hidráulico y porcentaje que pasa por tamices de malla cuadrada	25
4.1	Equipo para pruebas de granulometría	57
4.2	Equipo para densidades	57
6.1	Ensayos de laboratorio	77

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
4.1 Tractor de oruga	27
4.2 Excavadoras	29
4.3 Retroexcavadora	30
4.4 Cargador frontal	31
4.5 Cargador frontal en operación de carga de material pétreo	32
4.6 Excavadora cargando material para triturar	32
4.7 Camión de volteo	33
4.8 Motoniveladora tendiendo material	34
4.9 Vibrocompactador de suelos granulares	36
4.10 Compactadora neumática de asfalto	36
4.11 Apisonadores vibratorios	37
4.12 Compactador de rodillos para asfalto	39
4.13 Proceso de compactación de mezcla asfáltica	39
4.14 Cisterna regador de agua	40
4.15 Esquema de un tanque distribuidor de asfalto	41
4.16 Tanque distribuidor de asfalto	41
4.17 Pavimentadora	42
4.18 Estabilizadora	43
4.19 Estabilización en campo	44
4.20 Mezcla de suelo cemento en campo	44
4.21 Estabilización y mezcla de suelo cemento en campo	45

4.22	Perfiladora de materiales (fresadora)	45
4.23	Puntas de una perfiladora para fresado de capas de material	46
4.24	Trituradora de quijada	47
4.25	Trituradora de cono con criba inclinada	47
4.26	Planta de mezcla continua de suelo cemento	48
4.27	Planta mezcladora de dosificación (bache)	50
4.28	Planta mezcladora de tambor	51
4.29	Componentes de una planta mezcladora de tambor	52
4.30	Plantas mezcladoras de tambor en producción	52
4.31	Planta dosificadora	54
4.32	Esquema de una planta dosificadora	55
5.1	Limpia y chapeo	61
5.2	Movimiento de tierras para un cambio de línea central	63
5.3	Reacondicionando la Sub-rasante del cambio de línea	65
5.4	Mezcla y homogenización de la base	68
5.5	Afinación de la base	68
5.6	Riego de imprimación	70
5.7	Riego de liga	71
5.8	Clasificadora de material pétreo	72
5.9	Pavimentadora colocando mezcla asfáltica	73
5.10	Compactación de concreto asfáltico	74

## RESUMEN

Actualmente, el desarrollo de proyectos de construcción de carreteras utilizando concreto asfáltico, se ha vuelto un símbolo muy importante para el desarrollo de las comunidades, especialmente las comunidades rurales. Estas comunidades necesitan una herramienta eficaz y tangible para promover y comercializar sus productos, esencialmente productos y bienes perecederos, con lo que se hace indispensable los períodos de traslado de las mercaderías, así como el intercambio de bienes y servicios.

Esta es la razón por la que se presenta en este trabajo la visualización del proceso constructivo de una carretera utilizando concreto asfáltico, teniendo muy en cuenta de incluir las especificaciones técnicas para garantizar y controlar la calidad del proceso constructivo y de todas la etapas que conlleva.

El trabajo consiste en la recopilación, definición y descripción de las características físicas de los diferentes materiales que conforman las capas del pavimento y las propiedades físico-químicas que estos deben cumplir.

Asimismo, se describe el tipo de maquinaria que debe ser utilizada en cada etapa de la construcción, haciendo énfasis en el buen juicio de decisión para utilizar la maquinaria adecuada y así lograr mayores beneficios tiempo-dinero.

La descripción del proceso constructivo se desarrolló desde el inicio de las labores de nivelación y limpia de una línea original de carretera, esto para que se pueda tener una mejor visualización de los trabajos y la continuidad de éstos para llegar a obtener una carretera segura, cómoda y con una buena serviciabilidad.

Se describe el control de calidad que deben tener los materiales utilizados en las diferentes capas del pavimento asfáltico. Se presentan los diferentes ensayos y pruebas que se deben cumplir para poder garantizar una vida útil y buen funcionamiento de la carretera.

Como toda obra de construcción ya finalizada, la carretera necesita de un mantenimiento, es por lo que se describen las prácticas de mantenimiento utilizadas para alargar la vida del pavimento y así recortar los posibles gastos de reconstrucción.

La visualización del proceso constructivo, sus etapas de construcción, materiales y maquinaria a utilizar, controles de calidad y métodos de mantenimiento hacen que una carretera pueda ser mejor concebida, planificada, diseñada y desarrollada para que cumpla con su principal propósito, comunicar y llevar desarrollo a las comunidades.

# I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Guatemala se están llevando a cabo un gran Número de proyectos de construcción de carreteras, las cuales están diseñadas para solucionar problemas de índole económico y social para la población Guatemalteca. El presente trabajo pretende describir de una forma técnica, didáctica e ilustrativa el proceso constructivo de una carretera, de tal forma que sea accesible como fuente de consulta rápida y en formato multimedia, para que la fuente de consulta pueda representar la parte teórica de los trabajos comparándolos con la aplicación en campo en un mismo documento ilustrativo.

La importancia de este trabajo es que permitirá a personas no relacionadas directamente con el tema (Estudiantes, Alcaldes, Técnicos, Políticos, Otros profesionales, e ingenieros no relacionados con el tema) tener acceso a información técnica de forma clara y concisa sobre los trabajos, sus características principales, su metodología de construcción y su respectivo control de calidad. Esto, a su vez, proporcionará a estas personas la herramienta que les permitirá conocer como se deben hacer los trabajos, redundando a su vez en una mejor calidad de infraestructura para el país, principalmente en las regiones en donde se están llevando a cabo, especialmente en la denominada Zonapaz, la cual, según la dirección General de Caminos, se está beneficiando a aproximadamente 9.8 millones de habitantes del interior del país. Lo importante de la ejecución y promoción de estos proyectos radica esencialmente en el impacto socioeconómico que conllevan éstos, ya que se estará proporcionando un beneficio directo a todos los usuarios de estas carreteras. El beneficio radicará especialmente en que se estará generando un ahorro en todo el mantenimiento y operación de vehículos con carreteras en buenas condiciones, se reducirán considerablemente los costos de importación de vehículos, repuestos, combustibles, llantas, etc. Las carreteras en buenas condiciones favorecerán la integración territorial del país y el acceso a mercados, haciendo cada vez más competitivos todos los productos provocando que aumente el nivel de vida de las personas ubicadas en el área de influencia de los proyectos.

Lo anteriormente descrito ha provocado que un gran número de personas y empresas se hallan interesado en la construcción de carreteras provocando una escasez de personal técnico y profesional capacitado para la construcción de carreteras, por lo que este trabajo les será de mucha utilidad a todas aquellas personas que deseen llegar a tener algún tipo de conocimiento relacionado con este tema.

En resumen, este trabajo presentará todas las etapas del proceso constructivo de la estructura del pavimento con Concreto Asfáltico, métodos de control de calidad de materiales y construcción, basadas en las especificaciones vigentes según la dirección General de Caminos, y se presentará una guía de multimedia en la cual se podrán apreciar en forma directa mediante lectura cd-rom las actividades del proceso constructivo, con lo que el ingeniero, técnico o estudiante que desee conocer un poco más tendrá una buena guía de enseñanza.

### **A. Objetivos generales:**

El presente trabajo profesional proporcionará la metodología de construcción de las diferentes etapas de la estructura del pavimento con concreto asfáltico, metodología de trabajo que será presentada en formato multimedia, para que sea utilizado como fuente de consulta para profesionales, técnicos, y todo aquel interesado en la construcción de carreteras.

### **B. Objetivos específicos:**

1. Proporcionar la metodología de construcción de las capas de la estructura del pavimento.
2. Proporcionar las características físicas de los materiales a utilizar en el proceso constructivo de la estructura del pavimento con concreto asfáltico en base a las diferentes especificaciones vigentes en Guatemala, Aashto e instituto del asfalto.
3. Presentación de las diferentes etapas del proceso constructivo, en formato multimedia y en forma tradicional.

## II. DEFINICIONES

### A. Pavimento

1. **Infraestructura.** Se define como terracería a los volúmenes de materiales que se extraen o sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre. Las terracerías se dividen en el cuerpo del terraplén, que es la parte inferior, y la capa de sub-rasante que se considera generalmente a la última capa de treinta centímetros de espesor.

2. **Superestructura.** Se define como pavimento al conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmite a las capas inferiores, distribuyéndolas uniformemente por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, incluyendo la carpeta de rodadura. Las capas que conforman el pavimento generalmente se colocan sobre la sub-rasante y la finalidad es permitir que el tránsito tenga un paso más seguro, cómodo y económico.

### B. Principales funciones de los pavimentos

- Absorber la presión influida por la carga de los vehículos, distribuyéndola sobre las capas inferiores hasta la capa de sub-rasante, sin que pueda llegar a existir desplazamientos entre sus elementos.
- Protección de la terracería contra el agua, considerando que el agua produce lubricación entre las partículas lo cual perjudica la estabilidad y buen funcionamiento de las carreteras.
- Proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al desgaste producido por el tránsito de vehículos, es necesario que la capa de rodadura sea de una textura que proporcione seguridad, comodidad y evite patinajes.
- En pavimentos flexibles, tener cierta flexibilidad para adaptarse a las fallas de la sub-rasante, sub-base o base, para poder contrarrestar estas pequeñas deflexiones y en pavimentos rígidos la resistencia del concreto hidráulico posee una considerable resistencia a la flexión que le permite trabajar como una viga en las pequeñas deformaciones de las capas sobre la cual descansa.
- Resistir la meteorización, intemperismo y otros agentes perjudiciales.

### **C. Pavimentos flexibles.**

Se define a la estructura de pavimento en que una carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodadura, en que su estructura mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la sub-rasante. De este modo el pavimento flexible está compuesto por una serie de capas granulares rematadas por una capa de rodadura asfáltica relativamente delgada. Es característico que los materiales de más alta calidad estén en la superficie o cerca de ella. Los pavimentos flexibles que tienen capas o superficies de asfalto muy gruesas se pueden comportan en forma parecida a los pavimentos rígidos.

La estructura del pavimento flexible generalmente consiste en una o varias capas de rodadura asfáltica, colocada sobre una base granular, una sub-base y una capa de sub-rasante como última capa de la terracería.

La capa de rodadura de concreto asfáltico comprende esencialmente en la construcción de una carpeta asfáltica, la cual consiste en la elaboración, en planta y en caliente, de una mezcla con proporciones controladas de materiales pétreos o agregados minerales y aditivos uniformemente recubiertos de cemento asfáltico o asfalto líquido, con lo que se obtiene un producto de alta resistencia y duración, que tengan características de calidad uniforme, la que se puede tender y compactar de inmediato en la carretera. El concreto asfáltico puede ser utilizado como capa de base y en su mayoría de veces como superficie de rodadura, según sea la disposición en las condiciones especiales de diseño.

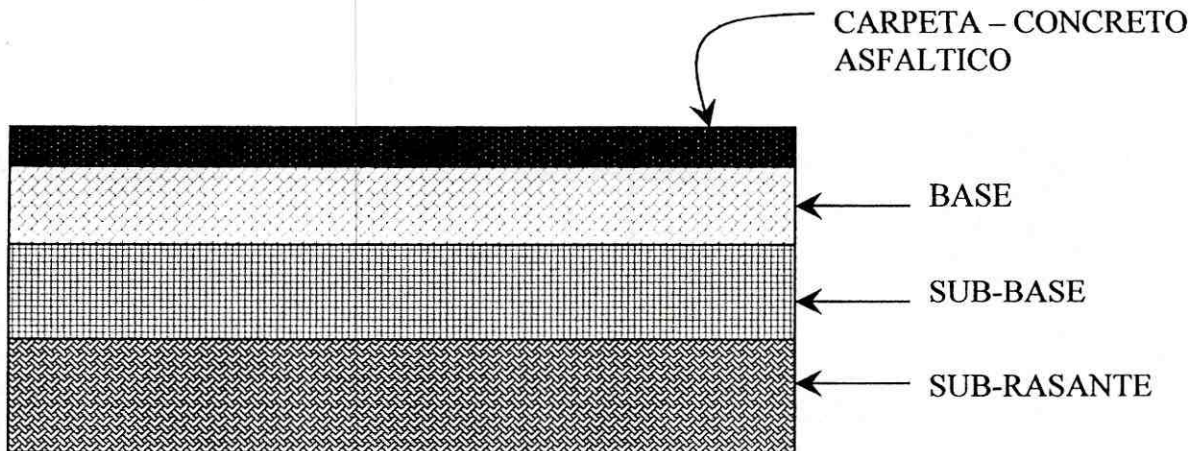
### **D. Pavimentos rígidos.**

Los pavimentos rígidos están constituidos por losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado, soportadas en toda su superficie y que hacen que resistan la carga e intensidad del tránsito, distribuyendo las cargas hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes que trabajan en conjunto. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que presente falla. En teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse sobre la sub-rasante cuando los materiales que la conforman son considerados como una sub-base, pero, generalmente es recomendable construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie lo cual puede provocar fallas en la orillas de las losas.

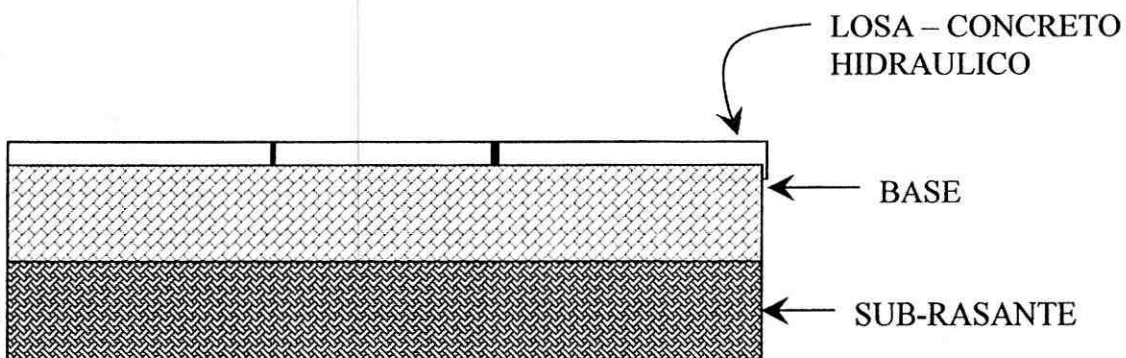
## E. Superestructura del pavimento.

Al colocar de una forma integral las diferentes capas de materiales que componen la capa de rodadura, base, sub-base y la sub-rasante, que estarán destinadas a soportar y sostener las cargas de los vehículos se obtiene la estructura del pavimento.

**Ilustración 1.1: Superestructura de pavimento flexible**



**Ilustración 1.2: Superestructura de pavimento rígido**



**1. Sub-rasante.** Según las especificaciones de la dirección General de caminos se define como: Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito provisto.»

Entonces se puede definir como el nivel ó capa del terreno de una carretera sobre la cual quedan asentados los diferentes elementos ó capas que componen la superestructura del

pavimento, sub-base, base y carpeta de rodadura, esta se extenderá hasta una profundidad en que no se vea afectada por la carga de diseño que corresponda al tránsito previsto, llegando a constituir la fundación de la carretera con una buena cimentación del cuerpo del terraplén y una sub-corona adecuada.

La capa de sub-rasante debe cumplir con varias especificaciones especiales para un buen funcionamiento, así:

- a. Recibir, resistir y transmitir al cuerpo del terraplén todas las cargas del tránsito que le son transmitidas por pavimento.
- b. Evitar que los materiales finos plásticos que formen el terraplén contaminen las capas del pavimento. Las partículas finas de esta capa deben estar entre las finas del terraplén y las granulares subsiguientes del pavimento.
- c. Evitar que las irregularidades de las terracerías formadas por fragmentos de roca no sean absorbidas por el pavimento. La granulometría del material debe ser intermedia entre las dos.
- d. Uniformizar los espesores del pavimento, sobre todo cuando hay variaciones en los materiales de la terracería a lo largo de la carretera.
- e. Economizar espesores del pavimento, especialmente cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor grande.

**2. Balasto.** Se considera a la capa de balasto, al material selecto que se coloca en un espesor no menor de diez centímetros sobre la capa de la sub-rasante terminada de un camino o carretera, con el objeto de protegerla temporalmente y que sirva de superficie de rodadura.

**3. Sub-base.** La dirección General de Caminos (1975,302-01) la define dentro de sus especificaciones como «la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas de tránsito, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar; absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la base.»

Estará constituida por una capa de material granular, selecto o estabilizado que se encuentra entre la sub-rasante y la base como se muestra en la superestructura del pavimento, con un espesor determinado que será de acuerdo al valor soporte y diseño de la carretera la cual estará colocada sobre una terracería o sub-rasante previamente preparada y para poder sostener la capa de base superior. Según algunos casos hay

terracería que pueden ser usadas como sub-bases. Resumiendo las principales funciones de la sub-base serán:

- a. Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- b. Servir de transición entre el material de la base y el material de la sub-rasante, sirviendo de elemento aislador para evitar la contaminación de la base cuando la sub-rasante contenga materiales muy plásticos o finos, que provocan cambios volumétricos. Es además importante que se evite la contaminación de la sub-base con este mismo material ya que la humedad puede provocar en la sub-base cambios de volumen, disminuyendo su resistencia al cambiar sus características.
- c. Hacer que se rompa la capilaridad de la terracería y drenar el agua transversal hacia las cunetas, para eso es importante que la sub-base y la base sean interceptadas en su sección transversal por las cunetas, para que se pueda llegar a drenar fácilmente el agua que ellas eliminen.
- d. Contar con un mayor valor soporte que la sub-rasante.

**4. Base.** Es la capa constituyente de la superestructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Se constituyen de un material granular seleccionado, de granulometría y espesor determinado según el diseño de la carretera, especialmente de agregados como piedra triturada, escoria triturada, grava y arena, o de una combinación de éstos, la cual se construye sobre la sub-base. Existe una variedad de bases dependiendo al tipo de pavimento y del criterio del Ingeniero diseñador. Siendo sus principales características y funciones:

- a. Recibir, transmitir y distribuir las cargas provenientes de la capa de rodadura asfáltica, originadas por el tránsito a las capas subyacentes.
- b. Ser un material de transición entre las sub-bases y las capas de rodadura asfáltica.
- c. Drenar transversalmente el agua capilar y la que se filtre de la carpeta y hombros hacia las cunetas.
- d. Deberá ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producida por el tránsito.
- e. Conservar sus características, aún en estado de saturación.
- f. Contar con un mayor valor soporte que las sub-bases.

**5. Riego de imprimación.** Es la aplicación de un material bituminoso líquido, por medio de riego a presión, sobre la superficie de la sub-base o sobre la base y hombros de una carretera, para protegerla, impermeabilizarla, unir entre sí las partículas minerales sueltas y endurecer la superficie, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa asfáltica inmediata superior.

Consistirá esencialmente en la aplicación de un riego de asfalto diluido de curado medio o de asfalto emulsificado, que se coloca sobre una capa de sub-base o base para preservarlas y facilitar la adherencia con la capa asfáltica final, a razón de 0.25 a 0.35 galones por metro cuadrado. Cuando se utiliza un asfalto diluido (diluido con solvente) de curado medio deberá ser suficiente para que pueda penetrar en la superficie del material de base.

El riego de imprimación tiene varios propósitos:

- a. Evitar que se desarrolle algún plano de deslizamiento entre la capa de base y la capa superficial, con lo que se puede tener un mayor margen de tiempo para colocar la carpeta de rodadura.
- b. Evitar que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción, antes de que la primera capa de RODADURA asfáltica sea colocada.
- c. Proteger las capas de bases, haciéndolas impermeables, penetrando no menos de 1 cm. y llenando los vacíos que hayan podido quedar, evitando la pérdida de humedad.

No es conveniente que los riegos de imprimación permanezcan bajo los efectos del tránsito, pues no tienen suficiente resistencia para esto.

Hay ocasiones en que se aplica demasiado asfalto diluido a la capa de base, con lo que *no todo el material es absorbido por el material de base inclusive después del tiempo de curado*, entonces es necesario secar este exceso de material con un riego de arena limpia, para evitar que este riego llegue a presentar una exudación a través del concreto asfáltico o que se produzca un plano de deslizamiento. Este proceso de secamiento consiste en rociar arena limpia sobre la superficie que ha sido imprimada, y luego compactar la superficie con una compactadora de neumáticos.

**6. Riego de liga.** La dirección General de Caminos (1975,302-01) la define dentro de sus especificaciones como «la aplicación de un material bituminoso líquido por

medio de riego a presión, sobre una superficie existente bituminosa o no, que debe ser cubierta al instante, con una capa inmediata superior que contiene material bituminoso; este riego tiene por objeto mejorar las condiciones de adherencia entre las dos superficies para prevenir deslizamientos.»

En general, estos riegos de liga son aplicaciones de asfalto (usualmente emulsiones) rociadas sobre la superficie imprimada o de un pavimento existente antes de que se coloque la capa de rodadura o de refuerzo.

El propósito principal de un riego de liga entre otros, es mejorar la adherencia entre las capas viejas y nuevas de pavimento. Estos riegos también son utilizados en lugares donde la mezcla en caliente entra en contacto con la cara vertical de las aceras, cunetas y las estructuras y juntas de pavimento frío. No deberán ser aplicados en los períodos en que el clima se encuentre frío y/o húmedo. Se obtendrán los mejores resultados si la superficie de la carretera donde se efectuará el riego se encuentra seca y libre de polvo, además debe contar con una temperatura superficial por encima de 27° C (80° F), y sin presencia de lluvia, Generalmente los riegos de liga se realizan previamente a la colocación de la capa de refuerzo a razón de 0.08 a 0.12 galones por metro cuadrado.

**7. Capa de rodadura.** Se definirá como la parte superior de un pavimento, siendo por lo general de pavimento bituminoso o rígido, la cual sostendrá de forma directa la circulación vehicular. Esta sería la capa que quedaría por encima de todas las demás capas de materiales que conforman la estructura de un pavimento flexible, estará diseñada para soportar el tránsito estipulado que circulará por ella, resistirá fuerzas de abrasión producidas por el tránsito, impedirá la filtración de agua superficial a la estructura del pavimento, proporcionará una superficie resistente al patinaje y ofrecerá una superficie suave y lisa-rugosa para el tránsito.

Generalmente, las carpetas de rodadura contiene material bituminoso, aditivos y agregados minerales o pétreos bien graduados los que tendrán un tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulgada. Algunas veces se usan diferentes graduaciones de materiales como arena hasta mezclas gruesas bien graduadas de agregados finos y gruesos, con los que se obtienen resultados satisfactorios bajo ciertas condiciones específicas de diseño.

## **F. Otras estructuras**

**1. Drenajes.** El objeto fundamental del drenaje es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar a una carretera, ya que un

drenaje inadecuado llevará al deterioro prematuro de la carretera y al desarrollo de condiciones adversas de seguridad, como lo puede llegar a ser el hidropneumático. Todo esto se logrará si evitamos que el agua llegue a la carretera o bien dando la salida adecuada del agua que inevitablemente le llega.

Para que el camino tenga un buen drenaje debe evitarse que el agua corra en cantidades excesivas por el mismo. Los cortes hechos en materiales de mala calidad deberá evitarse que se saturen den agua ya que podrían causar derrumbes, además se deberá evitar que el agua subterránea perjudique la estabilidad de la sub-rasante y de las capas superiores.

**2. Clasificación.** Por su importancia en la construcción de una carretera, se clasifica así:

- **Transversal:**
  - a. Puentes: Viaductos  
Pontones
  - b. Alcantarillas: Circulares  
Abovedadas  
Elípticas  
Cajas
  - c. Bóvedas: Concreto  
Metal
  - d. Vados
- **Longitudinal:**
  - a. Cunetas
  - b. Contracunetas
  - c. Medianas
  - d. Rectificación de canales
  - e. Entrada y salida de alcantarillas
- **Sub-drenaje:**
  - a. Tubería perforada
  - b. Drenaje francés
- **Obras de Protección:**
  - a. Muros
  - b. Revestimientos
  - c. Desarenadores

#### d. Disipadores de energía

3. Por el origen y la cantidad de las aguas que maneja, el drenaje se divide en:

- Drenaje superficial
- Drenaje subterráneo
- Drenaje menor
- Drenaje mayor

a. **Drenaje superficial.** El drenaje superficial es el que elimina el agua que escurre encima del terreno o de la carretera, esta agua provendrá directamente de lluvia, escurrideros naturales o de aguas almacenadas.

La acción del drenaje superficial tratará de dos afectos fundamentales, evitar que el agua llegue al camino por medio de obras que lo protejan y el otro es el de eliminar el agua que inevitablemente llegue por medio de estructuras especiales.

b. **Drenaje subterráneo.** Consiste en el drenaje de aguas subterráneas, se construyen principalmente de tuberías perforadas y materiales filtrantes, especialmente pétreos. El drenaje subterráneo está constituido por los dispositivos especiales para eliminar el agua subterránea, o bien abatir el nivel de esta hasta donde ya no sea perjudicial para la carretera. Es muy importante el diseño de drenajes subterráneos, pues el exceso de humedad es muy perjudicial para las capas que conforman la estructura de una carretera, ya que ocasiona una desestabilización de éstas haciendo que surjan baches, grietas y deslaves, así como el deslizamiento de taludes en los terraplenes.

c. **Drenaje menor.** Son todos los trabajos que tienden a solucionar los problemas de drenaje de agua que se precipita directamente sobre el camino o indirectamente por medio de la escorrentía en los taludes de laderas, así como de las quebradas de bajo caudal que atraviesan el camino.

Dentro de las obras de drenaje menor se encontrarán aquellas obras de drenaje longitudinal, las que después de que el camino haya desalojado el agua por medio de su bombeo normal, estas la desalojarán hacia una masa de agua más cercana ya sea una quebrada o río por medio de cunetas, contracunetas y canales.

Las obras de drenaje transversal están destinadas a permitir el paso de las corrientes de agua y escurrideros que atraviesan de manera inevitable el camino, para que no interrumpan el tráfico por el mismo. Dentro de estas obras se encuentran las alcantarillas.

**d. Drenaje mayor.** Las estructuras de drenaje mayor están destinadas a permitir que quebradas o corrientes de río de gran caudal atraviesen un camino. Dentro de estas estructuras se encuentran las bóvedas y puentes.

### III. MATERIALES

#### A. Descripción, obtención y especificaciones

**1. Material de excavación.** La excavación consiste en la extracción y remoción de cualquier material u otras partes de la obra en las que se incluye cunetas y prolongación de estas para el drenaje de la carretera, o que tenga que desperdiciarse cuando se indique en los planos de diseño. De la excavación podemos obtener varios tipos de materiales siendo estos:

- a. Excavación no clasificada.
- b. Excavación no clasificada de préstamo.
- c. Excavación no clasificada de desperdicio.
- d. Excavación de material inapropiado.
- e. Excavación común de prevención o de derrumbes.
- f. Excavación común de cunetas y contracunetas.
- g. Excavación en roca.

El material de excavación no clasificado lo constituyen todos los materiales excavados, exceptuando la excavación en roca.

El material de excavación no clasificado de préstamo, es el proveniente de excavaciones en áreas o bancos de préstamos hechos fuera de los límites de la carretera pero, generalmente adyacentes a ella para completar los rellenos del cuerpo del terraplén de la terracería.

La excavación de material no clasificado de desperdicio es el proveniente del corte excedente que no será utilizado y debe ser depositado adecuadamente en los límites de la carretera sin perjudicar el entorno del área o región. Dentro de este concepto puede incluirse la remoción de los derrumbes que por una u otra razón caen sobre sección de la carretera.

El material inapropiado es la excavación de los materiales no aptos para formar parte del cuerpo del terraplén de la terracería, y deben removerse de acuerdo a indicaciones o en forma similar al material de desperdicio. Dentro de estos materiales se encuentra la capa vegetal, humus y materiales contaminados no recomendables para la construcción de la obra.

La excavación común de prevención de derrumbes es el material excavado para formar las rampas de prevención de derrumbes y puede incluirse o no, dentro de los rellenos del terraplén dependiendo de la necesidad y su clasificación.

La excavación común de cunetas y contracunetas, es la proveniente de dichas excavaciones, generalmente para drenar el agua que escurre sobre la carretera y evitar el escurrimiento sobre los taludes de corte respectivamente. Las secciones y pendientes de las mismas deben diseñarse para ser capaces de conducir toda el agua escurrida, sin alcanzar grandes velocidades que perjudiquen la descarga final.

La excavación en roca, es la que requiere el uso de explosivos para su remoción y excavación.

**2. Material de sub-rasante.** Los materiales a usarse en la capa de sub-rasante, deben cumplir con características y funciones mínimas como las siguientes:

a. Los materiales que no podrán ser utilizados en la capa de sub-rasante serán los clasificados como A-8, los cuales son altamente orgánicos, que son constituidos por materias vegetales, parcialmente carbonizadas o fangosos; la forma de clasificación será de manera visual y no será necesario alguna prueba de laboratorio; se compondrán generalmente de materia orgánica en descomposición parcialmente podrida; tienen generalmente textura fibrosa son de color café oscuro o negro, altamente comprensibles y tendrán muy baja resistencia. También serán inadecuadas las rocas aisladas mayores de 10 cms. que se encuentren dentro de los 30 cms. superiores dentro de la capa de sub-rasante.

b. Serán materiales adecuados para sub-rasante aquellos que sean preferentemente de tipo granular con un hinchamiento menor al 5%, que además no presenten características inferiores a los suelos que se encuentren en la sección a reacondicionar y los que no se encuentren con características descritas en el párrafo anterior.

c. La capa de sub-rasante reacondicionada debe ser compactada hasta lograr un 95% de compactación respecto a su densidad máxima. La tolerancia respecto a esta densidad será en un 2 % respecto al porcentaje de compactación especificado en laboratorio. Al tener reacondicionada y aceptada la capa de sub-rasante, también se tendrá una tolerancia en lo que respecta a su superficie de 3 cms. en más o en menos.

d. El valor relativo de soporte (CBR), varía en la capa de sub-rasante y depende de la calidad de los materiales encontrados para su construcción. En

porcentajes, se consideran muy malos los valores de 0 a 5, malos de 5 a 10, regulares de 10 a 15, buenos de 15 a 20 y muy buenos de 20 a 30.

**3. Material de balasto.** El material de balasto debe cumplir especificaciones mínimas en estado natural o mezclados que clasifiquen como suelos A-1, A-2 y A-3, para un mejor funcionamiento, tales como:

- a. El tamaño máximo de piedras o agregados no mayor a  $\frac{2}{3}$  del espesor de la capa, que como mínimo será de 10 cms.
- b. Un peso unitario mínimo de 80 Libras por pie cúbico (suelto).
- c. Deberá compactarse a un mínimo de 80%.
- d. Un valor soporte (CBR) mínimo de 30% y una Abrasión máxima del 60%.
- e. Un índice de plasticidad no mayor a 11, limite líquido no mayor a 35 y un valor cementante entre 5 y 8. Retener en tamiz No. 4 de 30% a 70% y en el tamiz No. 200 un 25% máximo.

**4. Material de sub-base.** Los materiales utilizados para la capa de sub-base son generalmente de tipo granular que se encuentren en su estado natural o que sean mezclados para que lleguen a satisfacer las características de una clasificación de suelos A-1, A-2 y A-3, y especificaciones siguientes:

- a. El tamaño máximo de agregado que contengan la sub-base será de 7 cms. No debe contener más del 50% de su peso en material que pase el tamiz No. 40 ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 200. Si el material utilizado contiene gravas o rocas estas no podrán ser mayores del  $\frac{2}{3}$  del espesor de la capa de sub-base que generalmente varía de 10 a 70 centímetros.
- b. Un peso unitario mínimo de 90 libras por pie cúbico.
- c. Deberá compactarse a un 100%, con una variación aceptable de -2%.
- d. Contar como mínimo con un CBR de 30%, efectuado sobre una muestra saturada con 95% de compactación. Y una abrasión máxima del 60%.
- e. Un índice de plasticidad no mayor a 6, limite líquido no mayor a 25, un valor cementante entre 3.5 y 5.5 y un equivalente de arena de 25 como mínimo.

Para la obtención de estos materiales es necesario contar con los bancos que cumplan con las características de calidad aceptables, en forma natural o para ser mezclados. Luego de la selección y aprobación del banco el contratista deberá facilitar el acceso a dicho banco mediante la construcción de sus vías de acceso y demás obras

para su explotación. Para que ésto se lleve a cabo es necesario retirar toda materia orgánica que se encuentre mediante una limpia, chapeo y destronque correspondiente, retirar toda basura que se encuentre, arcilla, piedras mayores a las especificadas, y todo aquello que pueda causar contaminación al material.

El material para sub-base deberá estar exento de materia orgánica, basura y terrones de arcilla que puedan llegar a ser factor determinante para causar una falla en el pavimento.

**5. Material de base.** El material de base debe consistir en piedra o grava natural, clasificadas sin triturar, con trituración parcial y con trituración total. Dichos materiales generalmente se clasifican o se combinan con arenas, y otros material finos que sirve de relleno para formar un material de base granular que cumpla con una granulometría específica, una clasificación como suelos A-1, A-2 y A-3 bien graduados y especificaciones especiales, tales como:

a. El tamaño máximo de los agregados depende de la graduación de la base en Tipo A, B o C, y el espesor de la capa no menor a 15 centímetros. El material de base no podrá tener más del 25% de su peso en partículas planas o alargadas, que tengan una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas. El material que pasa el tamiz No. 200 debe ser menor al 50% que pasa el por el tamiz No. 40.

b. Un peso unitario no menor a 100 libras por pie cúbico.

c. Deberá compactarse a un 100%, con una variación aceptable de -2%.

d. Tener un valor soporte CBR no menor al 70% efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación con un hinchamiento máximo de 0.5%. El material retenido en el tamiz No. 4 no deberá tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones.

e. Un índice de plasticidad no mayor de 6, limite líquido no mayor de 25, un valor cementante entre 2.5 y 3.5 y un equivalente de arena no menor de 30.

El material deberá estar libre de materia vegetal, orgánica, basura y terrones de arcilla que puedan llegar a ser factor para una falla en el pavimento si se encuentran estas dentro de la capa de sub-base.

**Cuadro 3.1**  
**Tipos de graduación para material de base**

TAMIZ No.	STANDARD mm	PORCENTAJE POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA AASHTO T 27					
		TIPO "A"		TIPO "B"		TIPO "C"	
		2" Máximo		1 ½" Máximo		1" Máximo	
		A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
2"	50	100	100				
1 ½"	37.5			100	100		
1"	25.0	70-90	60-85			100	100
¾"	19.0			60-90			
No. 4	4.75	25-60	20-50	30-60	20-50	35-65	40-70
No. 40	0.425					15-30	
No. 200	0.075	3-15	3-10	5-15	3-10	5-15	3-15

Cuando por alguna razón sea necesario agregar material de relleno para compensar características de granulometría y cohesión se utilizará aquel que se encuentre libre de impurezas y material contaminante usándose generalmente polvo de roca, suelo arenoso, limo inorgánico que contengan un gran porcentaje de partículas que pasen el tamiz No. 10.

La graduación de los materiales a utilizar en la capa de base deberá contar con algunas de las graduaciones siguientes según sea el caso y convenio en el diseño del pavimento.

Para la extracción del material es necesario previamente que se proceda a la limpia, chapeo y destronque del banco para eliminar toda materia que pueda ser perjudicial al material de base como materia orgánica, basura, arcilla, etc. Cuando sea necesario tener que triturar parcialmente el material para cumplir con los requisitos de granulometría esta se hará en la planta con el juego necesario de zarandas para que se cumplan con los requisitos de granulometría de tal manera que el material no se lamine y se debe de llevar el control de calidad del mismo continuamente.

La porción de material que pasa el tamiz No. 200 será el relleno el cual debe tener buenas características de cohesión adecuadas para producir una buena base de fácil compactación y densidad aceptable.

**6. Material bituminoso (asfaltos).** El asfalto es un material derivado del petróleo de color negro, cementante, que varía ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta a temperaturas especificadas, el asfalto se ablanda y se vuelve más líquido, lo cual permite distribuirlo o maquilarlo adecuadamente para varios propósitos técnicos en el uso variado de los pavimentos asfálticos.

Los asfaltos se obtienen de la destilación del petróleo crudo. Este es un proceso en el cual las diferentes fracciones (productos) son separados fuera del crudo por medio de un aumento, en etapas, de la temperatura. Las fracciones livianas se separan por destilación simple, los destilados mas pesados, llamados usualmente gasóleos, pueden ser separados solamente mediante una combinación de calor y vacío. El asfalto puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480°C. Esta temperatura puede variar un poco, dependiendo de las características del crudo de petróleo que se esté refinando, o del grado de asfalto que se éste produciendo.

La destilación puede realizarse por vapor o por aire. La destilación por vapor nos da asfaltos para pavimentos de muy buena calidad.

Según su origen los asfaltos pueden tener base asfáltica o parafínica. Los primeros son de muy buena calidad para el mantenimiento o construcción de carreteras, ya que poseen buenas características ligantes y resistentes a agentes atmosféricos, en cambio los de base parafínica se oxidan con la exposición al aire y pierden sus características ligantes, convirtiéndose en elementos laminares que posteriormente se transforman en polvo sin ningún valor ligante.

Los principales tipos de asfaltos utilizados en la construcción y mantenimiento de carreteras son los siguientes:

- a. Asfaltos líquidos de fraguado lento (S.C) llamados también Road Oils.
- b. Asfaltos líquidos de fraguado medio (M.C.), llamados también Asfaltos Rebajados o Cut-Backs.
- c. Asfaltos líquidos de fraguado rápido (R.C), llamados también Asfaltos Rebajados o Cut-Backs.
- d. Cementos Asfálticos (A.C).
- e. Emulsiones Asfálticas

**a. Asfaltos líquidos de fraguado lento (S.C) o Road oils.** Consisten en aceites residuales asfálticos con poco o ningún elemento volátil, pueden se fabricados de la mezcla de un cemento asfáltico (A.C.), con un aceite residual, variando

sus propiedades desde un material de ligantes pobres, hasta un material viscoso de excelentes características.

**b. Asfaltos líquidos de fraguado medio (M.C).** Estos asfaltos se obtienen de la mezcla de un cemento asfáltico con un producto diluyente de volatilidad media, en este caso kerosina. Son fácilmente trabajables a bajas temperaturas, evaporándose el volátil al ser expuesto al aire o al calor. Para su fabricación se emplean cementos asfálticos de mayor penetración que en los de fraguado lento.

**c. Asfaltos de fraguado rápido (R.C.).** Estos asfaltos se obtienen con la mezcla de un cemento asfáltico con productos más volátiles aún que la Kerosina, por ejemplo la nafta y la gasolina. Tienen mucho parecido con los asfaltos M.C. y presentan una gran trabajabilidad a bajas temperaturas, consiguiendo la evaporación del volátil al ser expuesto al aire o al calor, de manera más rápida que en los de fraguado lento. Para su preparación se utilizan cementos asfálticos de menor penetración que para los asfaltos de fraguado medio.

**d. Cemento asfáltico (AC).** El cemento asfáltico se obtiene por la destilación del petróleo crudo, hasta obtener la penetración deseada. El grado de penetración se controla por la cantidad de aceites fluxantes que se les deja al final del proceso de destilación. Para que estos sean trabajables se necesita calentarlos a mayores temperaturas que los asfaltos líquidos, dependiendo del grado de viscosidad que posean.

Las propiedades estarán afectadas directamente por las propiedades del campo petrolífero en sí, además dependerá mucho de los procedimientos de refinado. Los cementos asfálticos y los asfaltos líquidos de curado lento (S.C.) son muy similares en su composición, siendo más viscosos los cementos, ya que contienen menos aceites fluxantes no volátiles que los SC.

**e. Emulsiones asfálticas.** Las emulsiones asfálticas están compuestas por tres elementos: asfalto, agua y un agente emulsionante. Se clasifican en aniónicas o alcalinas y catiónicas o ácidas, teniendo cada una características bien definidas que dependerán básicamente del agente emulsificador. El fraguado que se presenta se denominará Rotura, en las aniónicas se producirá por la evaporación del

agua, y en las catiónicas es por contacto con el agregado pétreo. El manipuleo de las emulsiones es fácil, únicamente se debe tener cuidado con evitar un rompimiento prematuro, el que se puede producir por exceso de calor, frío o presión.

**7. Especificaciones para uso de asfaltos.** Para que un material bituminoso sea utilizado correctamente, referente a su tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación, deberá estar contenido dentro especificaciones especiales. En nuestro medio nos regimos por Las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos (1975,402-01).

**Cuadro 3.2**

**Especificaciones para material bituminoso utilizado en Imprimación**

TIPO Y GRADO DE MATERIAL BITUMINOSO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		GRADOS FAHRENHEIT	GRADOS CENTIGRADOS
ASFALTOS LIQUIDOS RC-70 MC-30 MC-70 RC-250 MC-250	AASHTO M81 M82 AASHTO M81 M82	120-160 160-200	49-71 71-93
ALQUITRAN RT2 RT3	AASHTO M52 AASHTO M52	60-125 80-150	16-52 27-66

Para absorber los excedentes de material bituminoso usado en una imprimación, se utiliza arena como secante y deberá ser limpia, natural o triturada que cuente con las siguientes características.

**Cuadro 3.3**

**Especificación de granulometría para arena utilizada como material secante**

TAMIZ No.	STANDARD mm	PORCENTAJE QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA, AASHTO T 27
3/8	9.5	100
4	4.25	90-100
200	0.075	0-7

Cuadro 3.4

## Especificación para material bituminoso utilizado para riego de liga

TIPO Y GRADO DE MATERIAL BITUMINOSO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		GRADOS FAHRENHEIT	GRADOS CENTIGRADOS
Asfaltos Líquidos RC-70	AASHTO M 81	120-160	49-71
Emulsiones SS-1, SS-1h CSS-1, CSS-1h	AASHTO M 140 M 208	75-130	24-55
Alquitranes RTCB-5, RTCB-6	AASHTO M 52	60-120	16-49
Cemento Asfáltico 85-100 penetración AC-20	ASSHTO M 20 ASSHTO M 226	290-400	143-204

### 8. Materiales para elaboración de concreto asfáltico.

Los concretos

asfálticos están constituidos por mezclas de alta calidad compuestas por piedra o grava triturada graduada y ligante asfáltico; todos mezclados en una planta fija de bache o continua y aprobada para la producción adecuada de mezcla procesada en caliente, y producir pavimentos de primera clase.

**a. Cemento asfáltico.** El asfalto usado en pavimentos, generalmente llamado cemento asfáltico, es un material viscoso (espeso) y pegajoso. Se adhiere fácilmente a las partículas de agregado y, por lo tanto, es un excelente cemento para unir partículas de agregado en un pavimento de mezcla en caliente. El cemento asfáltico es un excelente material impermeabilizante y no es afectado por los ácidos, los álcalis (bases) o las sales. Esto significa que un pavimento de concreto asfáltico construido adecuadamente es impermeable y resistente a muchos tipos de daño químico.

El cemento asfáltico es el material ligante, bituminoso y producto mas pesado en el proceso de petróleo para curados en refinerías; esta constituido principalmente por hidrocarburos. No contiene adiciones de naturaleza no hidrocarburada, salvo aquellos materiales minerales propios del crudo de petróleo.

**b. Agregado grueso (retenidos en la malla de 4.75 mm).** Este material deberá consistir en piedra o grava de buena calidad, triturada y mezclada de forma homogénea a manera que correspondan a una de las granulometrías siguientes y que llenen los requisitos de:

**Cuadro 3.5**

**Requisitos del agregado grueso para concreto asfáltico**

REQUISITO	%
1. Abrasión de los Ángeles AASHTO T 96	40% máx.
1. Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio (5 ciclos) AASHTO T 104	12% máx.
2. Caras fracturadas, FLH T 507	75% min.
3. Índice durabilidad (agregado grueso) AASHTO T 210	35 min.

No debe usarse agregados con caras pulidas o agregados que contengan carbonato soluble. El residuo insoluble debe ser menor del 25%.

**c. Agregado fino (pasando la malla de 4.75 mm).** Este material está formado por arenas naturales, arena de piedra quebrada cernida o su combinación, la cual deberá tener una granulometría que, al mezclarse con otras fracciones en la proporción adecuada, la mezcla resultante pueda satisfacer la granulometría requerida AASHTO M 29 incluyendo la pérdida en sulfato, y que llene los requisitos siguientes:

**Cuadro 3.6**

**Requisitos del agregado fino utilizado en la fabricación de concreto asfáltico**

REQUISITO	%
1. Índice de durabilidad (fino) AASHTO T 210	40% min.
2. Equivalente de arena, AASHTO T 176	45% min.

Cuadro 3.7

**Rangos de granulometría requeridos para agregados utilizados en la fabricación de concreto asfáltico en caliente**

Malla mm	Porcentaje por peso que pasa la malla estándar (AASHTO T 27 y AASHTO T 11)					
	Designación de la Granulometría					
	A	B	C	D	E	F
37.5	100	-	-	-	-	-
25	97-100	100	100	-	-	-
19	-	97-100	97-100	100	100	-
12.5	-	76-88(+5)	* (+5)	97-100	97-100	-
9.5	53-70 (+6)	-	* (+6)	-	* (+5)	100
4.75	40-52 (+6)	49-59 (+7)	* (+7)	57-69(+6)	* (+6)	33-47(+6)
2.36	25.39(+4)	36-45(+5)	* (+5)	41-69(+6)	* (+6)	7-13(+4)
600um	12-22(+4)	20-28(+4)	* (+4)	22-30(+4)	* (+4)	-
300um	8-16(+3)	13-21(+3)	* (+3)	13-21(+3)	* (+3)	-
75um	3-8(+2)	3-7(+2)	3-8(+2)	3-8(+2)	3-8(+2)	2-4(+2)

**9. Material para elaboración de concreto hidráulico.** Los concretos

rígidos ordinarios están compuestos y se preparan con cemento Pórtland, arena y piedra o grava triturada. Estas mezclas contienen agua para hidratar al cemento para poder aglutinar los agregados en una masa sólida. A estas mezclas se les pueden añadir aditivos para poder hacer que los concretos alcancen propiedades que al mezclarse produzcan resistencias específicas de diseño especiales.

El concreto hidráulico para nuestro interés es aquel que está hecho a base de cemento Pórtland. Este concreto es una mezcla de cemento Pórtland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. Es un material temporalmente plástico que se puede colocar o moldear y, después de algún tiempo se convierte en una masa sólida por reacción química. Para los ejecutores nos interesa la resistencia adecuada a los diferentes usos del concreto, facilidad de colocación y durabilidad, al mínimo costo. El diseñador de la mezcla podrá variar las proporciones de los cinco componentes para lograr esos objetivos. Estas variantes por lo general consistirán y serán una relación agua-cemento, cemento-agregados, tamaño del agregado grueso, dureza del agregado grueso, proporción entre agregado fino y agregado grueso, tipo de cemento y uso de aditivos.

El término "agregado" es amplio y comprende piedras bola, pedruscos, piedra triturada, grava, arenas naturales y trituradas, agregados ligeros naturales y fabricados. En general, éstos estarán descritos más que todo por sus tamaños.

Cuadro 3.8

**Tamaño y clasificación de los agregados**

Piedras Bola	Mayores de 6 pulgadas
Pedruscos	De 6 a 3 pulgadas
Agregados gruesos	De 3 pulgadas a tamiz No. 4 (4.75 mm)
Agregado fino	Tamiz No. 4 (4.75 mm) a Tamiz No. 200 (0.075 mm)
Relleno mineral	Material que pase por el tamiz No. 200

Los agregados usados generalmente en la fabricación de concreto hidráulico se obtienen de lechos secos de río o al extraer y triturar material de formaciones rocosas. Las piedras bolas y los pedruscos no se utilizan tal y como se extraen, sino que son triturados hasta obtener los diferentes tamaños de agregados gruesos y arenas trituradas y relleno mineral. Las gravas y arenas en estado natural se obtienen por acción del agua y por la abrasión y desgaste natural en glaciares y depósitos de ríos.

Los agregados finos comprenden alrededor del 75% del volumen de una mezcla típica de concreto. La limpieza, estabilidad de volumen, resistencia y forma de la partícula son importantes en cualquier agregado. Los agregados se consideran limpios si no tienen exceso de arcilla, sedimento, mica, materia orgánica, sales químicas y granos cubiertos. Un agregado es físicamente estable en volumen si retiene estabilidad dimensional bajo cambios de temperatura o humedad y resiste la intemperie sin descomposición.

Para que llegue a ser considerado un agregado por su resistencia debe ser capaz de aprovechar toda la fuerza de la matriz de cemento. Cuando la resistencia al desgaste sea importante, el agregado debe ser duro y tenaz.

La fabricación de concreto hidráulico será el producto resultante de la mezcla de cemento Pórtland, agregados finos y gruesos según las siguientes tablas y agua, preferiblemente potable, limpia y libre de sustancias perjudiciales como aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero en su caso de que sea reforzado el concreto.

Cuadro 3.9

**Requisitos de graduación del agregado fino para la fabricación de concreto hidráulico**

TAMICES AASHTO M 92	AASHTO M 92	PORCENTAJE QUE PASA	
		A	B
3/8 "	9.5 mm	100	100
No.4	4.75 mm	95-100	95-100
No.8	2.36 mm	-	75-95
16	1.18 mm	45-80	50-85
30	0.600 mm	-	25-60
50	0.300 mm	10-30	10-30
100	0.150 mm	2-10	2-10
200	0.075 mm	0-5	0-5

Cuadro 3.10

**Requisitos de graduación del agregado grueso utilizado para la fabricación de concreto hidráulico y porcentaje que pasa por tamices de malla cuadrada**

Graduaciones AASHTO M 80	2 1/2" 63mm	2" 50mm	1 1/2" 31.5mm	1" 25.0mm	3/4" 19.0mm	1/2" 12.5mm	3/8" 9.5mm	No. 4 4.75mm	No.8 2.36mm
No. 7 1/2" a No.4 12.5-4.75mm	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
No. 67 3/4"-No.4 19.0-4.75mm	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
No. 57 1"-No.4 25.0- 4.75mm	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
No.467 1 1/2"-No.4 37.5-4.75mm	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
No.357 2"-No.4 50-4.75mm	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
No.4 1 1/2"-3/4" 37.5-19mm	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
No.3 2"-1" 50-25mm	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

## IV. MAQUINARIA Y EQUIPO BÁSICO (DESCRIPCIÓN)

### A. DESCRIPCIÓN

La construcción o reconstrucción de una carretera, comprende una cantidad de movimiento de tierras, que preceden a la construcción en sí de la estructura del pavimento y que requieren un gran número de máquinas eficientes y versátiles. En la última década, el desarrollo y aplicación de las máquinas ha sido una frase sobresaliente en la eficiencia de construcción. Algunas se adaptan a trabajos específicos y otras tienen una amplia variedad de usos. La selección apropiada y el uso de estas máquinas son una parte importante en la construcción de una carretera.

A manera de información general y para tener un detalle de la maquinaria más importante, por su uso se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Equipo de corte
- Equipo de carga
- Equipo de acarreo
- Equipo de corte, carga y acarreo
- Equipo de conformación y afinamiento
- Equipo de compactación
- Regadoras de agua
- Distribuidoras de asfalto
- Equipo de colocación de asfalto
- Equipo para mezcla, estabilización y perfilado
- Equipo de trituración y cribado
- Plantas de mezcla de suelo cemento o mezclas asfálticas en frío
- Plantas de mezcla de concreto asfáltico
- Plantas dosificadoras de concreto hidráulico
- Equipo auxiliar

**1. Equipo de corte.** El equipo de corte será aquel que se utilizará para algunas tareas como limpia, chapeo y destronque; para los trabajos de explotación en los bancos de materiales de préstamo y agregados. Para los diferentes cortes que sean necesarios realizar en la línea de trazo de la carretera según el diseño de la misma y para las excavaciones en general y donde se instalarán tuberías. Consistirán básicamente en tractores, excavadoras, moto traíllas y retroexcavadoras.

La realización de estos trabajos podrá definirse mejor como una excavación, y dependiendo de la finalidad de esta será el tipo de maquinaria que utilizaremos. Por ejemplo, habrá excavación o remoción de la capa vegetal, excavación de tierra, escarificado de camino, excavación y corte para calzadas de caminos, y la excavación o corte para la instalación de estructuras de drenaje.

Los tractores son la máquina más importante en cualquier trabajo de movimiento de tierras, pueden ser del tipo sobre ruedas o sobre orugas o carriles. Si el tractor que se está utilizando consta de los accesorios adecuados puede llegar a ser la primera máquina en comenzar y la última máquina en irse del sitio de la obra. Los tractores de oruga con cuchilla, son máquinas provistas de carriles para su desplazamiento, una cuchilla frontal con movimiento vertical y lateral utilizada para desgarrar distintas clases de materiales así como para empujar la tierra de un lugar a otro y conformar la superficie, además de contar con un aditamento trasero, llamado *ripper*, utilizado para desgarrar diferentes tipos de materiales. Los tractores con carriles pueden trabajar en terreno con pendientes abruptas, blando, pantanoso y sobre roca sólida. Los tractores con llantas neumáticas son adecuados para sitios específicos, como por ejemplo una excavación en arena o tierra donde el desgaste de los carriles no fuera excesivo.

Los componentes básicos de un tractor sobre carriles incluyen la cuchilla, la cual puede ser de varios tipos, como en ángulo (*angledozer*), rectas en "u", desarraigadoras, arrancadoras de rocas, de troncos y de árboles y empujadoras; el motor, radiador, transmisión, embragues de dirección, mandos maestros y el tren de rodaje que consiste en los carriles, rodos de los carriles, ruedas dentadas de tracción (*cavillas*) y ruedas guías o tensoras y un escarificador trasero o *ripper* para aplicar presión hacia abajo y hacia arriba para lograr el desgarre y rompimiento de las capas de tierra.

**Ilustración 4.1: Tractor de oruga**



Otra máquina básica para las tareas de corte es la que con el uso de diferentes aditamentos puede convertirse en pala, cuchara de arrastre, excavadora con cucharón de almeja, retroexcavadora, grúa o piloteadora. Estas máquinas pueden formarse si se instalan los aditamentos en una máquina básica, la cual puede ser montada sobre carriles o en un chasis tipo camión.

Las palas mecánicas también se utilizan para cargar material a vehículos para su transporte o acarreo; necesitan amplio espacio para trabajo y su alcance es corto. Las palas mecánicas solo pueden excavar en cortes verticales. Estas pueden mover cualquier tipo de roca que este quebrada en pedazos que se puedan excavar fácilmente. Tienen una limitación por excavar únicamente de cara o frente y se utilizan para obtener altos rendimientos en el corte y carga de vehículos de acarreo.

Las palas con cuchara de arrastre pueden utilizarse cuando la excavación es profunda y el suelo no tiene capacidad de soporte; el material debe ser fácil de excavar. Estas también pueden utilizarse para descargar en unidades de transporte o acarreo.

Los cucharones de almeja tienen baja producción pero a la vez son útiles en espacios pequeños o profundos donde no se encuentren obstáculos en la parte superior para el giro de la pluma. Estos son los más adecuados para cimientos profundos o para cuando la distancia entre la máquina y el fondo de la excavación impide utilizar otro equipo. El material o roca se debe encontrar disgregado para un mayor rendimiento y máxima producción.

Las moto traíllas son otro tipo de maquinaria que también se puede utilizar para tareas de corte, carga y acarreo de materiales. Están limitadas por el tipo de terreno y la capacidad de soporte del suelo; pueden ser autopropulsadas, empujadas durante la carga o del tipo arrastradas por tractor para distancias cortas. Es posible mover más material con las moto traíllas autopropulsadas y empujadas equipadas con llantas neumáticas, en comparación con las que son arrastradas y controladas desde un tractor. Las que son arrastradas por un tractor tienen la limitante de no ser tan eficientes cuando las distancias de acarreo sobrepasan los cien metros y capacidad de soporte del suelo donde trabajen es muy baja. Las de dos ejes están a la vez limitadas por la distancia de acarreo, terreno y la capacidad de soporte del suelo; en recorridos largos conduciéndose a alta velocidad vibran mucho y derraman la carga. Las de tres ejes equipadas con llantas neumáticas necesitan mucho espacio para maniobrar y están limitadas por el terreno y la capacidad de soporte del suelo; resultan ser muy eficaces para acarreos largos. Las moto traíllas equipadas con dos motores y llantas neumáticas tienen pocas limitaciones; son útiles para trabajo en terreno de poca dureza y donde es necesario la tracción en todas las ruedas.

Se puede resumir que las moto traillas son adecuadas generalmente para recorridos cortos (500 metros) y para el corte y acarreo de materiales granulares de tamaño pequeño y poca dureza.

Las excavadoras hidráulicas y las retroexcavadoras son también igualmente utilizadas como los tractores en tareas de corte. Se utilizan sobre suelo firme cuando se debe excavar cimientos, zanjas y alta producción en terreno abrupto; suelen excavar debajo de sus carriles y orugas. Son muy eficientes cuando la profundidad de la zanja no es excesiva. Las excavadoras hidráulicas son de alta producción, están limitadas únicamente por la altura de descarga y por el tipo de material el cual debe ser fácil de excavar.

#### Ilustración 4.2: Excavadoras



**Ilustración 4.3: Retroexcavadora**



**2. Equipo de carga.** El cargador frontal está provisto de un cucharón que se encuentra adecuadamente dispuesto para poderlo llenar y descargar sobre un equipo de acarreo, sea un camión de volteo o un apilamiento de materiales. Es la maquinaria más común en la tarea de carga de material. Estos pueden ser del tipo sobre ruedas o sobre orugas. Es preferible el cargador de orugas si el lugar de carga es abrupto y su transporte de un frente de trabajo a otro no presenta problemas y si la distancia para movilizarse es corta. La mayoría de los cargadores con llantas neumáticas cuentan con propulsión en las cuatro ruedas y debe tenerse cuidado de usar las cuatro llantas iguales.

#### Ilustración 4.4: Cargador frontal



La capacidad de carga depende del tamaño del cucharón y del peso unitario del material que se va a manejar. Por esa misma razón es que existe una gran variedad de cucharones para cada tipo de cargador. Los tipos básicos son de mandos hidráulicos, de descarga por gravedad y de descarga elevada. Los que cuentan con controles hidráulicos son los que se utilizan con mayor frecuencia. Los de tipo de descarga elevada son preferibles cuando hay poco o ningún espacio para girar.

Todos los cargadores excepto los del tipo de descarga por la parte superior cuentan con un ciclo de carga, giro y descarga. Para obtener la mayor eficacia y tener reducción de costos en rodajes y neumáticos es necesario mantener el radio de giro al mínimo. El cargador debe cargar a baja altura del banco o cara del material. La mayoría de cargadores tienen posiciones de cucharón con ajuste automático, la altura del banco se debe ajustar de modo que no sea mayor de la necesaria para poder llenar el cucharón, coincidiendo más o menos a la misma altura que las articulaciones del brazo de empuje.

Los cargadores son maquinaria de gran utilidad. En el mercado hay una gran disponibilidad de aditamentos para poder convertir estos en buldózer, rastrillo, para cucharón de almeja, cargador de troncos, grúa o montacargas.

**Ilustración 4.5: Cargador frontal en operación de carga de material pétreo**



Las excavadoras, retroexcavadoras y palas mecánicas también pueden funcionar como equipos de carga; todos estos descritos en la sección anterior.

**Ilustración 4.6: Excavadora cargando material para triturar**



**3. Equipo de acarreo.** El equipo destinado para el acarreo de material más común puede ser: camión volquete o de volteo, camión fuera de carretera y moto trailla (autopropulsada).

Los camiones fuera de carretera y las moto traillas son especiales para trabajos especializados en canteras, bancos de producción de materiales y grandes movimientos de tierra en las que las distancias de acarreo no sean muy largas, aproximadamente hasta los 500 metros.

Para cuando las distancias llegan a ser muy largas se utilizan preferiblemente camiones de volteo tipo constructor semi-livianos, los cuales se utilizan para transportar cualquier material de construcción sea arena, piedra, pedrín, desperdicios, etc. Estos logran llegar a depositar el material mediante la inclinación de su palangana por la parte posterior.

#### **Ilustración 4.7: Camión de volteo**

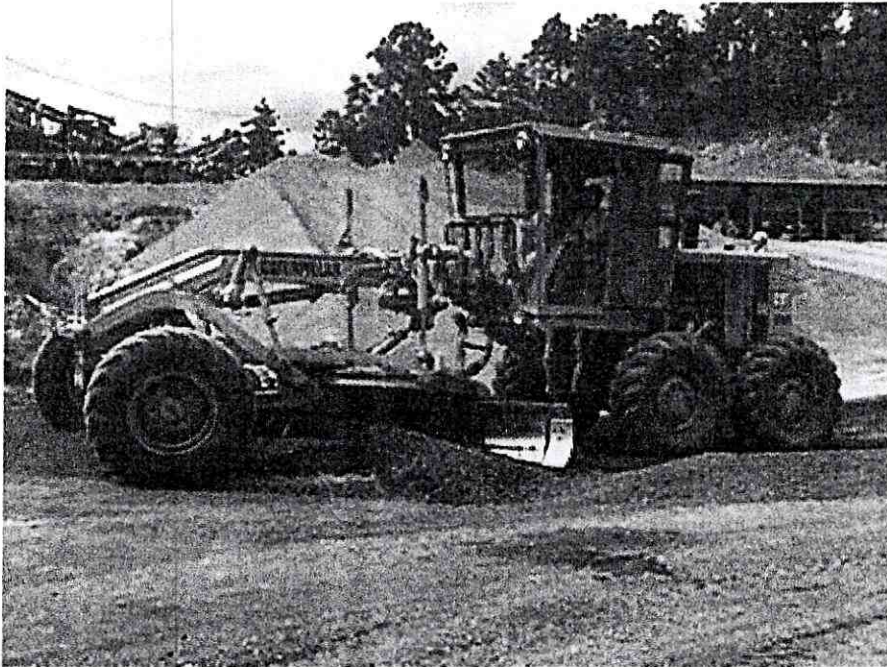


**4. Equipo de corte, carga y acarreo.** El equipo principal en esta operación son las moto traillas, que tienen la versatilidad de cortar, acarrear y descargar el material. Las autopropulsadas de dos motores lo efectúan por sí solas y las empujadas con la ayuda en la carga de un tractor de oruga de capacidad adecuada.

**5. Equipo de conformación y afinamiento.** El equipo de conformación y afinamiento estará constituido principalmente por motoniveladoras. Estas máquinas están provistas de una hoja o cuchilla cortadora cuyos movimientos circulares y transversales permiten que se puedan conformar, mezclar y afinar la superficie final de los diferentes tipos de materiales que constituyen las capas de sub-rasante, sub-base y base. Asimismo, estas máquinas cuentan con barras de escarificadores y ripper para poder fracturar capas de distintos materiales para su posterior mezcla y homogenización.

La cuchilla afinadora de esta máquina tiene que estar uniforme en su punto inferior ya que la afinación y el acabado final de las diferentes capas dependerán de ésta, para evitar irregularidades al final de la construcción.

**Ilustración 4.8: Motoniveladora tendiendo material**



**6. Equipo de compactación.** La compactación es un proceso que consiste en comprimir un volumen dado de material en uno más pequeño. Esto se consigue al acomodar mecánicamente las partículas de los materiales que componen las diferentes capas de la estructura del pavimento eliminando así la mayoría de los vacíos y aumentando la densidad de las diferentes capas. Se considera que la compactación ha

sido exitosa cuando las distintas capas terminadas tienen contenidos mínimos de vacíos y mayor densidad a un porcentaje de humedad óptimo.

Existe una gran variedad de equipos de compactación según su utilización. Para las capas subyacentes a la carpeta asfáltica se pueden mencionar: compactadores de pata de cabra para materiales arcillosos, compactadores vibratorios para materiales granulares, compactadores neumáticos, rodillos de rejilla y apisonadores neumáticos. Los compactadores de pata de cabra y los vibratorios son generalmente maquinaria remolcable o autopropulsada compuesta de uno o más cilindros de acero, destinados a aplanar o compactar suelos u otros materiales.

Los compactadores de pata de cabra son aquellos que tienen en toda la parte exterior del cilindro una configuración semejante a patas de cabra. La compactación dependerá de la presión unitaria de cada una de las patas y la velocidad del rodillo. Esta maquinaria no es adecuada para compactar suelos arenosos y tienen la limitante del espesor de la capa de suelo que se desea compactar.

Los compactadores vibratorios del tipo remolcado, autopropulsado o manual, se utilizan para suelos granulares. La capacidad de compactación depende de la amplitud, frecuencia y energía de las vibraciones. La profundidad de compactación no presenta limitantes como para otro tipo de compactadores y lo hacen de abajo hacia arriba.

Los compactadores neumáticos son máquinas remolcables o autopropulsadas que están provistas de un número adecuado de llantas neumáticas para la compactación de suelos finos, granulares finos e incluso esquistos. Su peso varía desde muy ligero hasta doscientas toneladas. La profundidad de la capa del suelo a compactar dependerá directamente del peso de la compactadora neumática a utilizar y compacta de arriba para abajo.

**Ilustración 4.9: Vibrocompactador de suelos granulares**



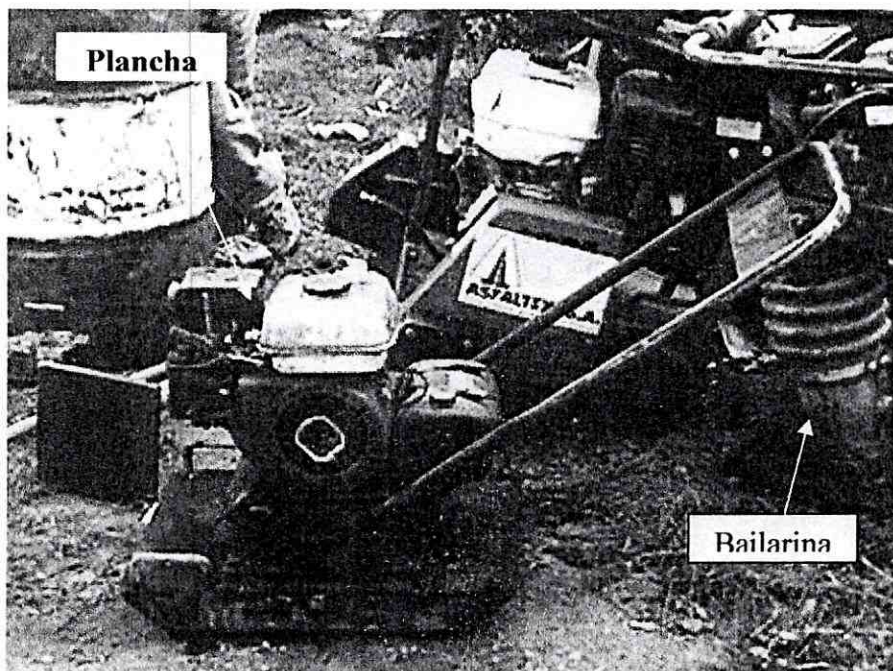
**Ilustración 4.10: Compactadora neumática de asfalto**



Los rodillos de rejilla son útiles para romper terrones, están limitados a capas delgadas de material no cohesivo y pueden remolcarse a cualquier velocidad de manera segura y económica.

Los apisonadores neumáticos se utilizan para rellenos sobre tuberías y cimientos y para lugares de trabajo inaccesibles a equipos más grandes. Generalmente son del tipo manual y tienen un mecanismo neumático de acción alternada incorporado. Están limitados a capas de suelo de poca profundidad y bajas producciones.

#### Ilustración 4.11: Apisonadores vibratorios



La compactación de las carpetas asfálticas está orientada a producir una carpeta con densidad específica advirtiéndose los efectos que el agua, aire y el tránsito le producen a una mezcla sub-compactada. El aire y el agua contienen oxígeno, el cual oxida el ligante asfáltico en la mezcla causando que esta se vuelva frágil. A consecuencia de esta fragilidad el pavimento no podrá resistir las deformaciones repetidas causadas por el tráfico causando a su vez la falla del pavimento.

Normalmente se requieren compactadoras automotrices para la compactación de mezclas de concreto asfáltico. No se deberán utilizar compactadoras de tipo remolque, pero se pueden usar compactadoras de mano, apisonadores neumáticos o placas vibratorias en las áreas en donde sean inaccesibles las compactadoras de mayor tamaño. Para la compactación de mezclas asfálticas se utilizan generalmente las del tipo tándem de ruedas de acero, ruedas neumáticas, vibratoria.

Las compactadoras tándem de ruedas de acero tienen ruedas o rodillos de acero montados generalmente sobre dos ejes tándem. Este tipo de compactadoras varían en peso desde tres hasta catorce toneladas o más. En casi todas se pueden añadir balastos a las ruedas con el fin de aumentar el peso. Este tipo de compactadoras se pueden usar para la construcción de calles, carreteras y pavimentos de tráfico pesado, utilizándose para la primera pasada la compactación intermedia y la compactación final.

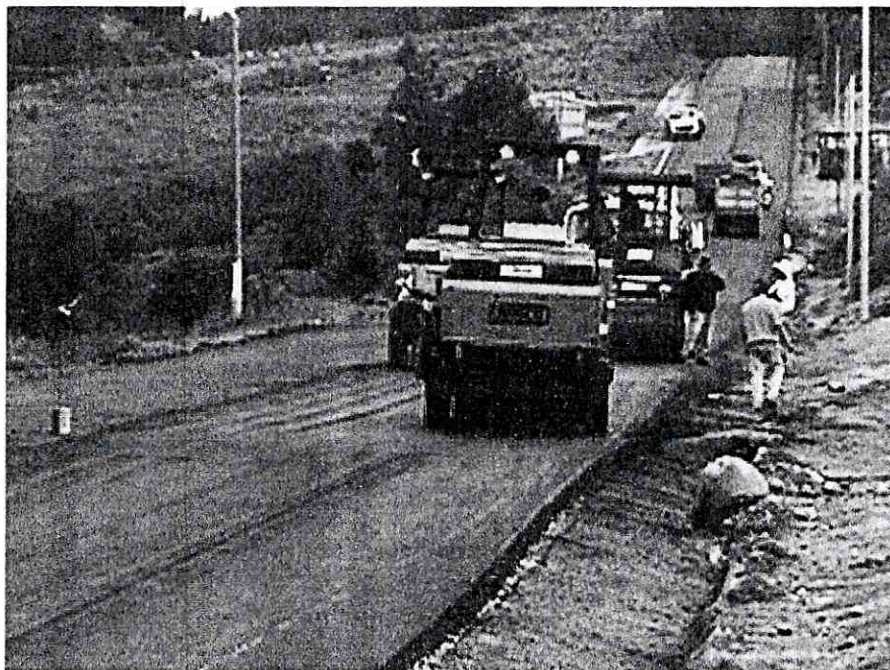
Las compactadoras de ruedas neumáticas tienen ruedas de caucho en vez de ruedas de acero o rodillos de acero. Constan generalmente de 2 ejes tándem con 3 ó 4 ruedas en el eje delantero y 4 ó 5 ruedas en el eje trasero. Cada una de las ruedas se mueve independientemente hacia arriba y hacia abajo. Este tipo de compactadoras puede tener peso de lastre en sus ruedas para aumentar el peso bruto total de las mismas. Este tipo de balasto, dependiendo del tamaño y el tipo, puede variar entre 10 y 35 toneladas. Pero más importante será el peso propio de cada rueda si es que la compactadora será utilizada para la primera pasada de compactación o para la compactación intermedia.

Durante el proceso de compactación las ruedas deben tener rodaduras lisas y deben estar infladas con una misma presión para poder aplicar una presión uniforme durante la compactación.

**Ilustración 4.12: Compactador de rodillos para asfalto**



**Ilustración 4.13: Proceso de compactación de mezcla asfáltica**



**7. Regadores de agua.** Los regadores de agua pueden ser camiones con un tanque de distintas capacidades, generalmente de 2,000 galones, usados para transportar y depositar agua en un sitio determinado por medio de barras de distribución de chorro uniforme o mediante una manguera. También puede haber regadores de agua que se utilicen mediante una cisterna que es halado por un cabezal para transportar volúmenes más altos de agua, este tipo de regadoras también utilizaría barras distribución de agua.

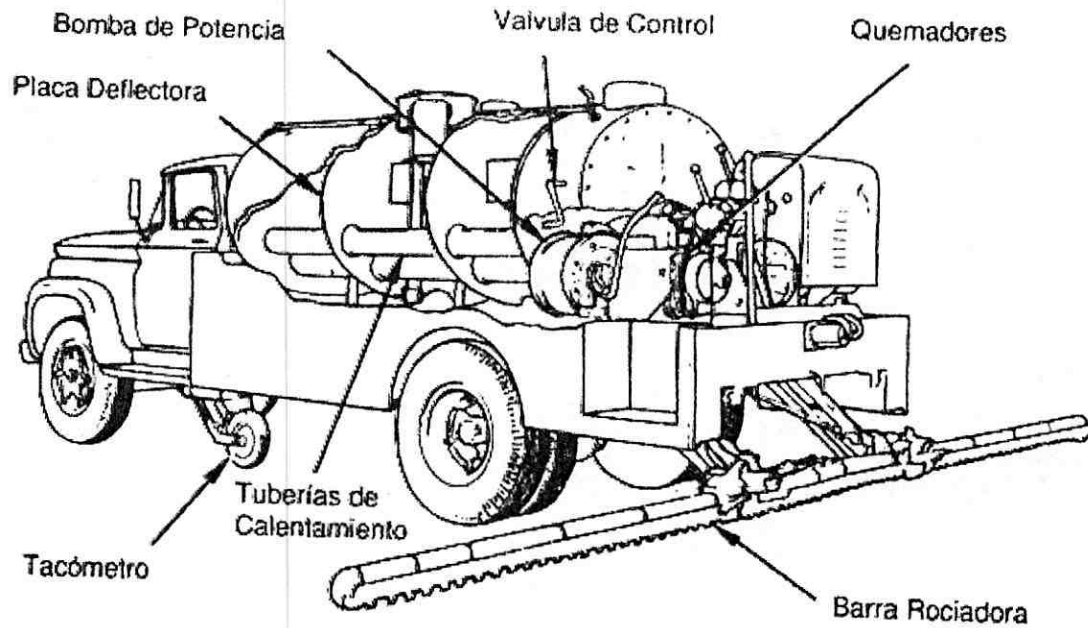
**Ilustración 4.14: Cisterna regador de agua**



**8. Distribuidores de asfalto.** Los riegos de imprimación y de liga son generalmente aplicados por medio de un distribuidor de asfalto. Este consiste en un tanque de asfalto montado sobre un camión o un remolque, que esta adaptado con bombas, barras rociadoras y controles apropiados para regular la cantidad de asfalto que sale por las boquillas de la barra rociadora a una presión determinada. Los distribuidores de asfalto normalmente incluyen un sistema de calentamiento con base en quemadores de combustible o gas, con lo que se logra que el asfalto se mantenga a una temperatura correcta de aplicación, así como un accesorio manual de rociado o spray para poder aplicar asfalto en las áreas que la barra rociadora no puede alcanzar. El distribuidor de asfalto tiene además un sistema de circulación por bombeo en el cual mantiene el asfalto

en movimiento, cuando el distribuidor no está operando, para evitar que éste se solidifique y, en consecuencia bloquee la barra rociadora y las boquillas.

**Ilustración 4.15: Esquema de un tanque distribuidor de asfalto**



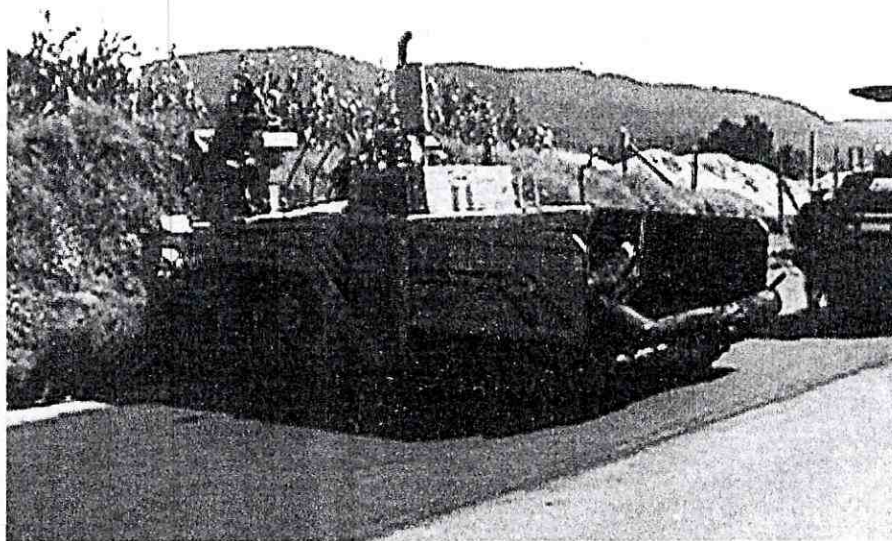
**Ilustración 4.16: Tanque distribuidor de asfalto**



**9. Equipo de colocación de asfalto.** Las operaciones de pavimentación incluyen el transporte de la mezcla asfáltica en caliente al lugar de la obra, la colocación de la mezcla sobre la carretera, y la compactación de la mezcla hasta la densidad especificada.

Las pavimentadoras (asfaltador o finisher) son máquinas automotrices que están diseñadas para colocar mezcla asfáltica con un espesor determinado además de una compactación inicial de la carpeta. Sus dos partes principales son una unidad de potencia y la unidad de enrase.

#### **Ilustración 4.17: Pavimentadora**



La unidad de potencia provee la fuerza motriz para mover las ruedas u orugas a la vez que el resto de la maquinaria de la pavimentadora. La unidad de potencia comprende la tolva receptora, el transportador alimentador, compuertas de control de flujo, barrenas o tornillos de distribución, planta generadora o motor, transmisiones, controles dobles, y el asiento del operador.

La unidad de enrase tiene dos funciones principales: nivelar la mezcla de una manera que se cumpla con las especificaciones de espesor y acabado, y proporcionar la compactación inicial de la mezcla.

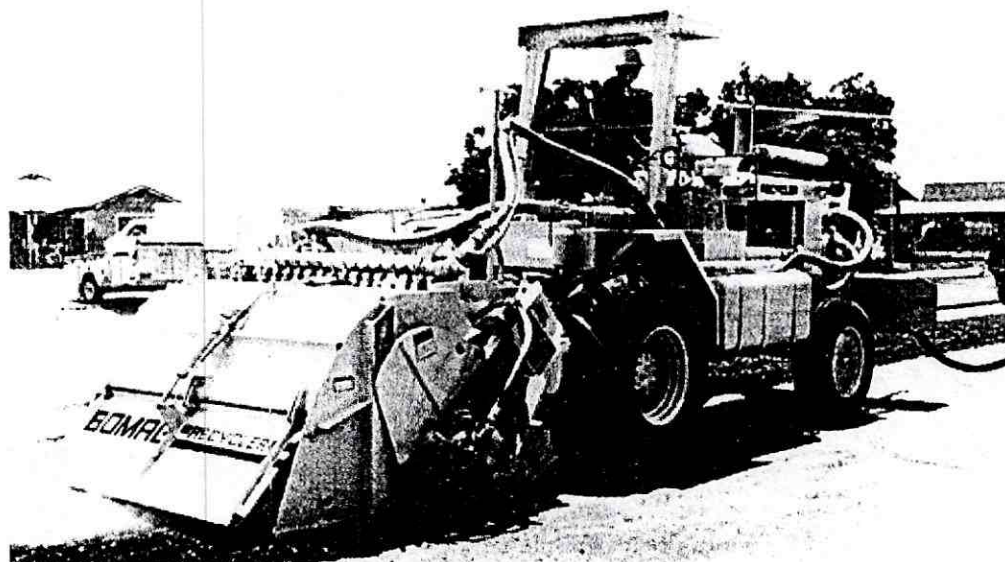
### 10. Equipo para mezcla, estabilización y perfiladoras. Este equipo será

utilizado principalmente en los puntos en que se requiera recuperar material de capas ya existentes, las cuales tendrán una buena y muy parecida calidad a las especificaciones para la colocación de dichas capas. Estas máquinas estarán conformadas principalmente por estabilizadoras-recuperadoras y perfiladoras de materiales.

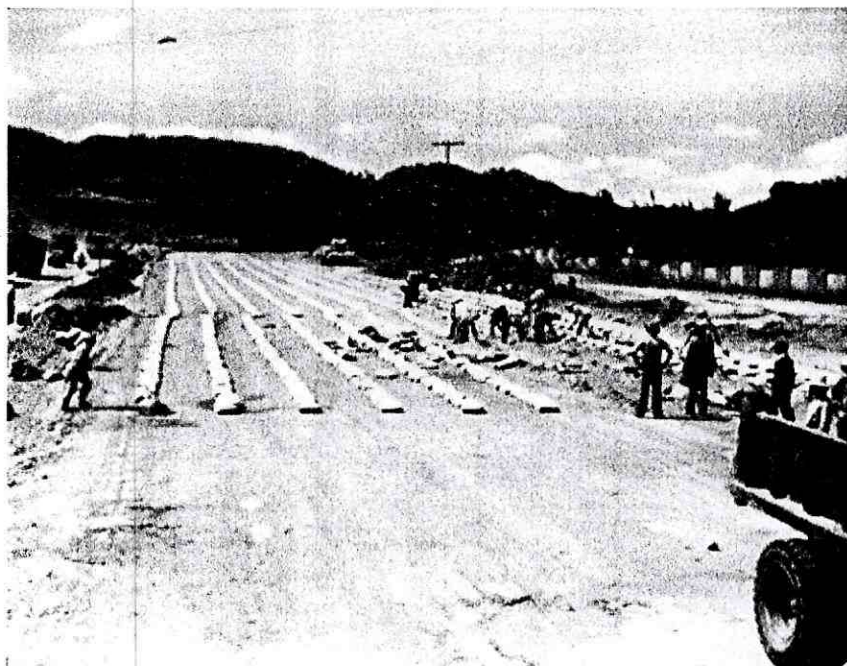
Las estabilizadoras-recuperadoras son máquinas que removerán, machacarán y mezclarán capas de material granulares nuevos o estructuras de pavimentos existentes a profundidades predeterminadas. Estas máquinas están provistas de una serie de espátulas dispuestas en un rotor de tal manera que mezclan a perfección la superficie a estabilizar así como mangueras provistas de una bomba a presión que suministran agua o elementos estabilizadores químicos a la mezcla de suelo cemento para capas de sub-base o base, e incluso de emulsiones para formar estructuras de sub-base y base negra. Las perfiladoras serán máquinas que recuperarán capas de material mediante el corte y fresado de espesores específicos, demolerán dichos materiales y a su vez depositarán dichos materiales a camiones de volteo para su transporte a los centros de apilamiento para su posterior aprovechamiento.

Toda esta operación la logran gracias a su sistema de puntas que remueven y levantan el material con exactitudes de profundidad predeterminada, este sistema de puntas es totalmente intercambiable a medida que sufre desgaste por la operación de corte y fresado, son puntas de alta resistencia y forma de flecha para mayor penetración.

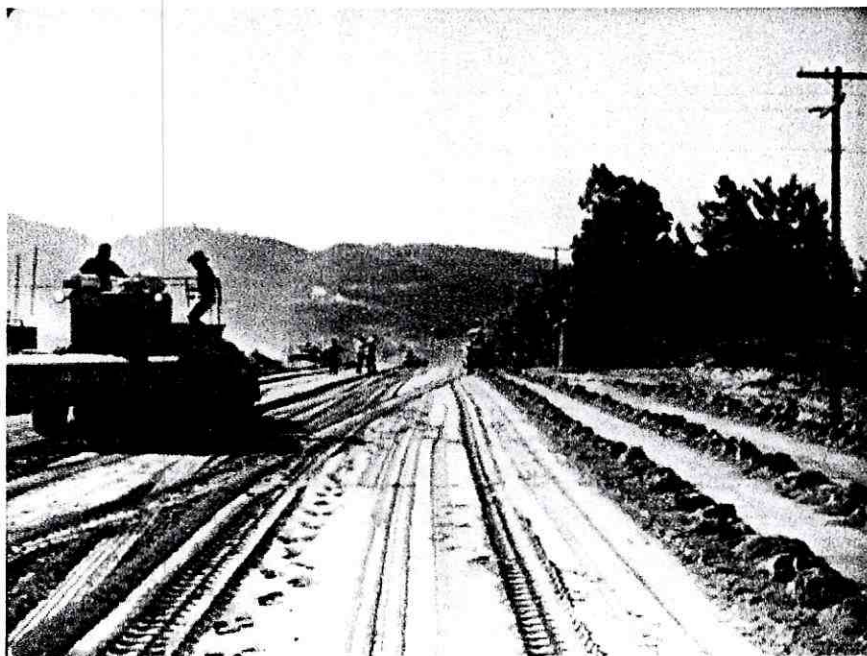
#### **Ilustración 4.18: Estabilizadora**



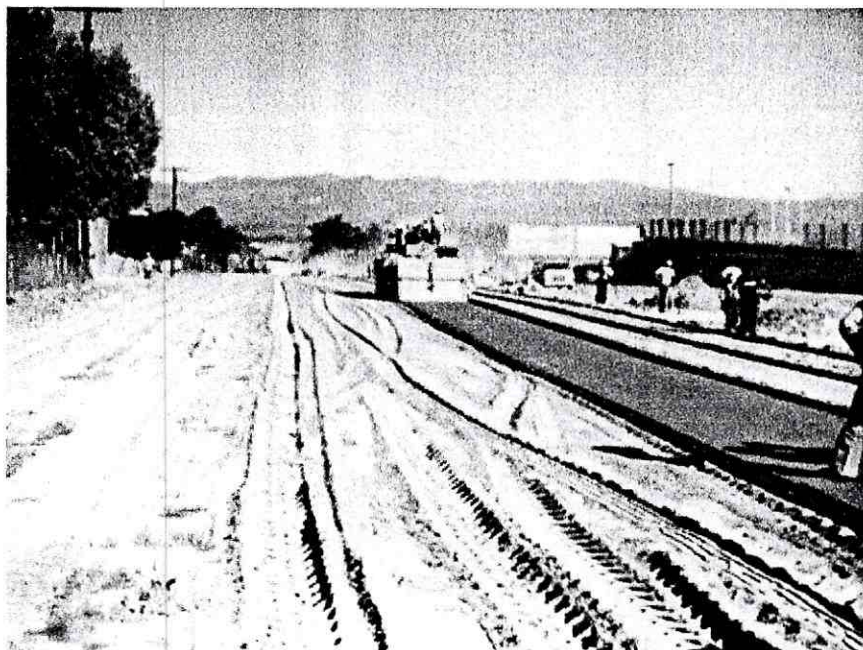
**Ilustración 4.19: Estabilización en campo (mezcla de suelo cemento)**



**Ilustración 4.20: Mezcla de suelo cemento en campo**

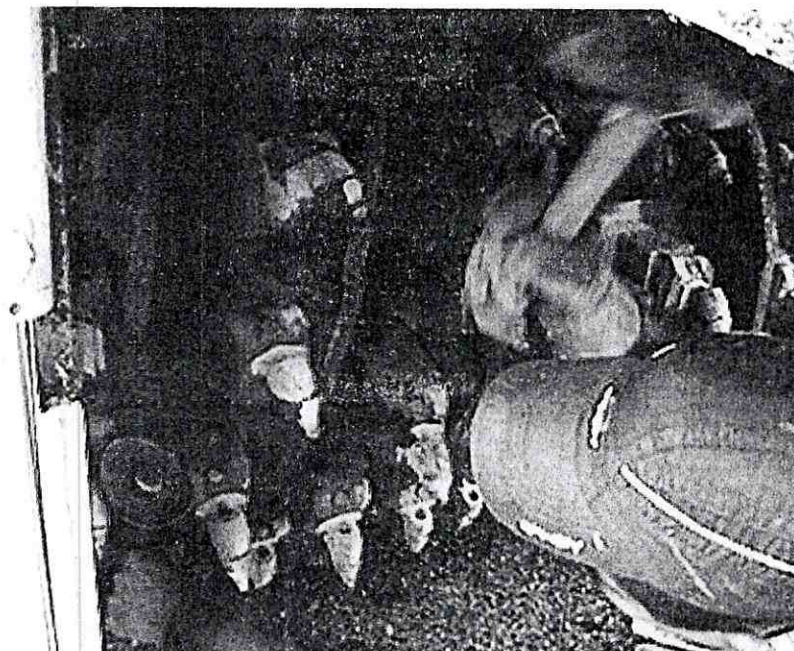


**Ilustración 4.21: Estabilización y mezcla de suelo cemento en campo**



**Ilustración 4.22: Perfiladora (Fresadora) de materiales**



**Ilustración 4.23: Puntas de una perfiladora para fresado de capas de material**

**11. Equipo de trituración y cribado.** Las trituradoras son máquinas diseñadas para quebrar piedra o agregados gruesos y pueden ser accionadas por motores eléctricos que dependerán de la alimentación de generadores o por motores a combustión diesel. Su función principal consiste en la ruptura de materiales pétreos para lograr una graduación o curva granulométrica específica mediante el cribado de los materiales triturados.

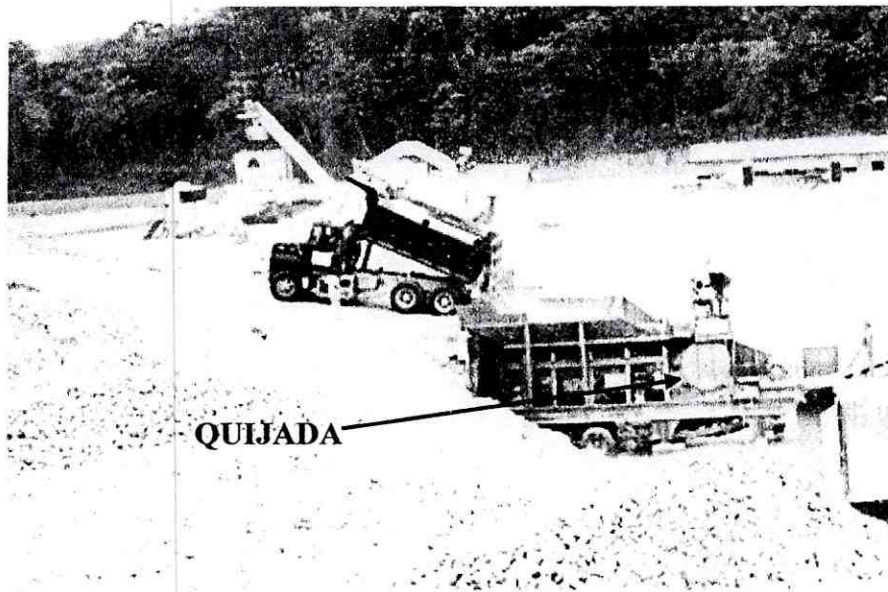
Las trituradoras pueden clasificarse como primarias, secundarias y terciarias. Las primarias normalmente son de quijadas o de impacto y las secundarias y terciarias de cono, rodillos o de impacto. Cada uno de estos tipos va acompañado de accesorios secundarios para lograr la graduación deseada, juego de zarandas, clasificadores y bandas transportadoras.

Generalmente, se colocan las trituradoras de quijada para una ruptura inicial del material. Posteriormente, el material es pasado a través de un proceso de cribado mediante el cual se gradúa. Todo el material que logra pasar a través de las mallas de las zarandas o criba es trasladado mediante bandas transportadoras a puntos de apilamiento para su posterior carga y utilización. El material de sobre tamaño que no pase a través de

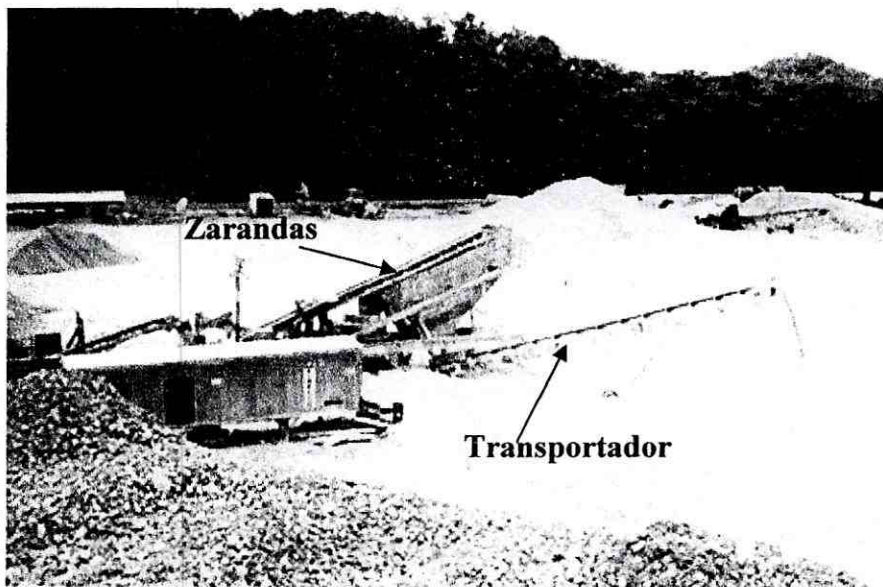
la abertura de las mallas será trasladado o depositado nuevamente hacia un proceso de trituración secundario, generalmente un cono para luego repetir el ciclo de cribado.

Es de suma importancia tener en cuenta qué tipo de material es el que se necesita producir ya que de ello dependerán el tamaño de las trituradoras, su capacidad, tipo, las aberturas, distribución y número de mallas por nivel de cribado.

**Ilustración 4.24: Trituradora de quijada**



**Ilustración 4.25: Trituradora de cono con criba inclinada**



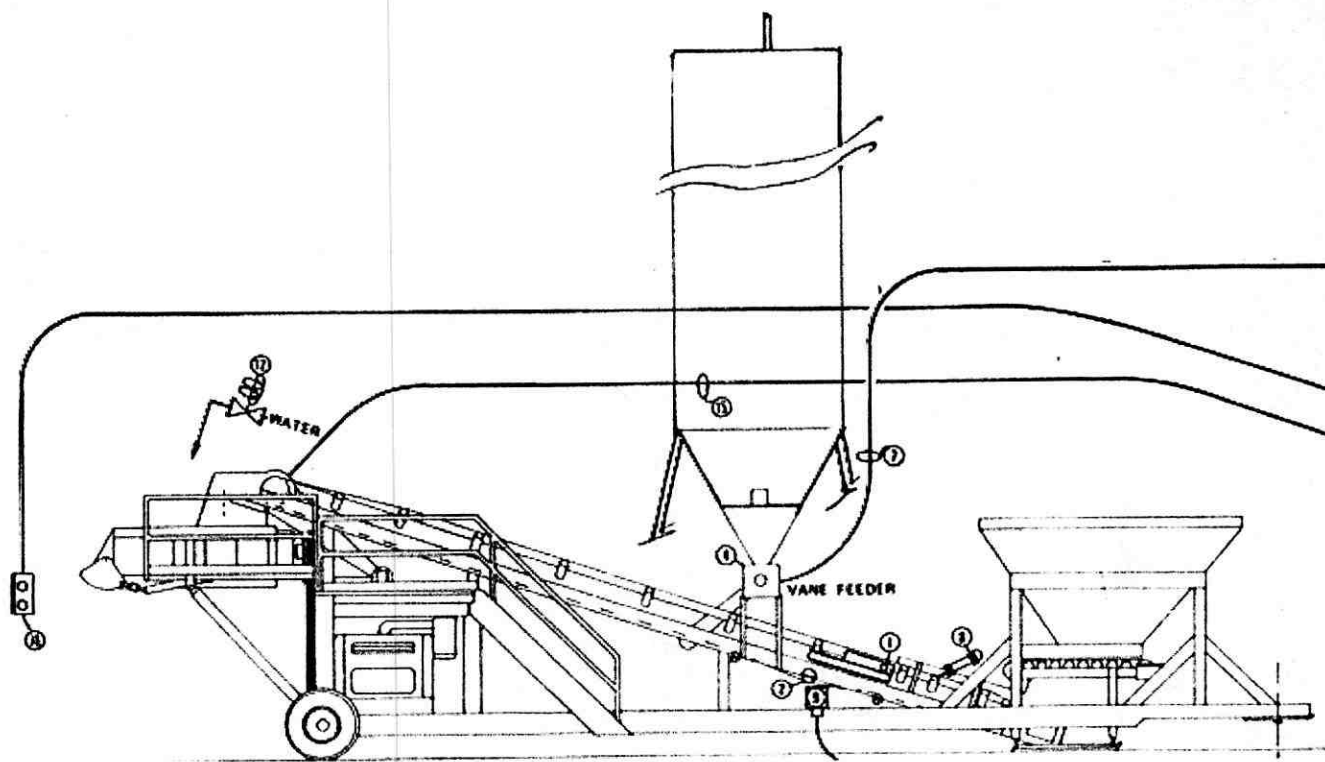
## 12. Plantas de mezcla de suelo cemento y mezcla asfáltica en frío.

Consisten en plantas de mezclado y dosificado equipadas con zarandas, tolvas y demás dispositivos cuya finalidad principal es la de dosificar por peso o volumen el agregado mineral, cemento y agua para mezcla de suelo cemento, y agregado mineral y material bituminoso para mezcla asfáltica en frío.

Las plantas de suelo cemento deben ser capaces de producir una mezcla homogénea entre el material pétreo y el cemento, esta mezcla debe contar a su vez con la humedad necesaria para alcanzar su óptima a la hora de colocar la mezcla, y así evitar la formación de grumos.

El equipo con que cuentan estas plantas es: Silo y dosificador de cemento, instalación de agua o emulsión a presión, zarandas, tolvas, dispositivos para dosificar los agregados y unidad mezcladora de producción continua.

**Ilustración 4.26: Planta de mezcla continua de suelo cemento y mezcla asfáltica en frío**



**13. Planta de mezcla concreto asfáltico.** La planta mezcladora de concreto asfáltico en caliente consistirá en un conjunto de equipos mecánicos electrónicos en donde los agregados pétreos son combinados, calentados, secados y mezclados con cemento asfáltico para producir una mezcla en caliente la que deberá cumplir con ciertas especificaciones. Las plantas pueden ser de diferentes capacidades, de pequeñas a grandes, su producción se mide en toneladas por hora; estacionarias o fijas y de tipo móvil o portátil. Generalmente éstas se clasificarán como plantas dosificadoras de bache o continuas de tambor.

En una planta asfáltica de dosificación los agregados son combinados, calentados y secados, cribados proporcionalmente y mezclados con el cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente. Las operaciones básicas de una planta de dosificación serán:

- Apilamiento o almacenamiento y alimentación a las tolvas, de los agregados en frío.
- Secado y calentamiento de los agregados.
- Cribado y almacenamiento de los agregados calientes.
- Almacenamiento y calentamiento del asfalto.
- Medición y mezclado de asfalto y agregado.
- Carga de la mezcla final a vehículos de acarreo.

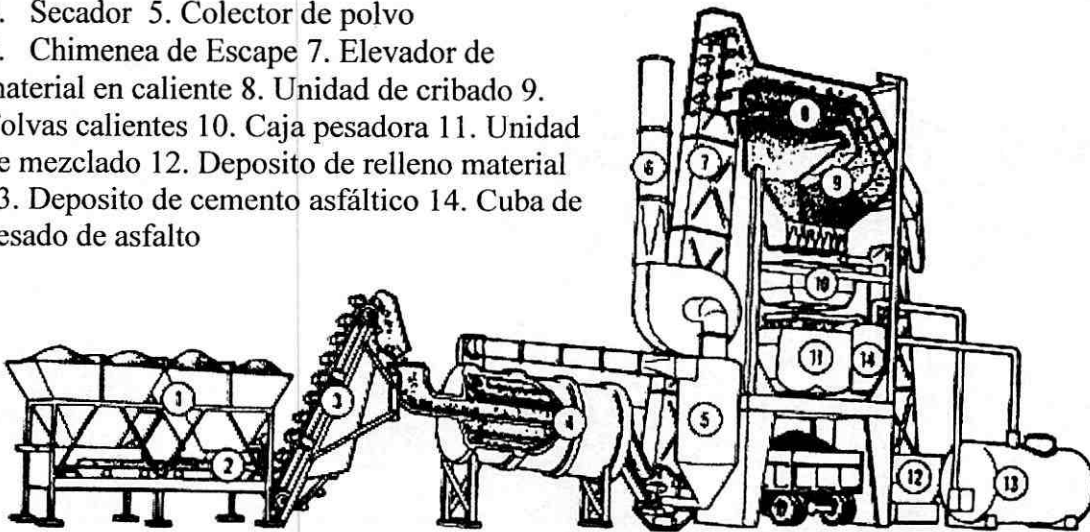
Los agregados son trasladados del lugar de almacenamiento o apilamiento en cantidades controladas por medio de un vehículo de carga hacia las tolvas frías, luego son pasados por un secador en donde son secados y calentados. Posteriormente los agregados son pasados por una unidad de cribado, la cual separa el material en fracciones de diferente tamaño y lo deposita en tolvas para su almacenaje en caliente. Luego los agregados son pesados, en cantidades controladas, combinadas con el asfalto, y mezclados en su totalidad para formar una carga. La mezcla luego es cargada a los camiones o vehículos de acarreo y transportada hacia el lugar de pavimentación.

En una planta de bache, los agregados fríos después de ser depositados en las tolvas son proporcionados por compuertas de alimentación en frío hacia una banda transportadora, o un elevador de cubetas, el cual descargará los agregados hacia el secador, los agregados son secados y calentados en este. Los colectores de polvo removerán las cantidades no deseadas de polvo del escape del secador. Los gases que resten del escape serán eliminados a través de la chimenea de escape de la planta. Cuando los agregados se encuentren ya secos y calientes son llevados por un elevador de material en caliente hacia una zaranda o unidad de cribado, esta unidad separa el material en

fracciones de diferente tamaño y lo deposita en tolvas calientes separadas para un almacenamiento temporal. Cuando se requiera los agregados calientes son medidos en cantidades controladas sobre la caja pesadora. Luego los agregados son descargados dentro de la cámara mezcladora. El cemento asfáltico que se encuentra en los tanques de almacenamiento en caliente es bombeado hacia la cubeta pesadora de asfalto, la cual pesa el cemento asfáltico antes de ser descargado en la cámara mezcladora, en este proceso es combinado en su totalidad con los agregados, dando una excelente calidad de mezcla. La mezcla que se encuentre dentro de la cámara de mezclado resultante de este último proceso es descargada en los camiones o vehículos de acarreo para trasladarla hacia el punto de pavimentación.

#### Ilustración 4.27: Planta mezcladora de dosificación (bache)

1. Tolva fría
2. Compuerta de alimentación en frío
3. Elevador de material en frío
4. Secador
5. Colector de polvo
6. Chimenea de Escape
7. Elevador de material en caliente
8. Unidad de cribado
9. Tolvas calientes
10. Caja pesadora
11. Unidad de mezclado
12. Deposito de relleno material
13. Deposito de cemento asfáltico
14. Cuba de pesado de asfalto



En una planta continua o mezcladoras de tambor, son las que secan y combinan el agregado en un proceso continuo y en la misma sección del equipo o maquinaria. En este tipo de plantas el tambor mezclador, que tiene una similitud grande con el tambor secador de las plantas de dosificación, el agregado es secado y calentado dentro del mismo, junto con el cemento asfáltico. En las plantas mezcladoras no hay cribas de graduación, tolvas calientes y tolvas de pesaje, por lo que la calidad de mezcla es inferior.

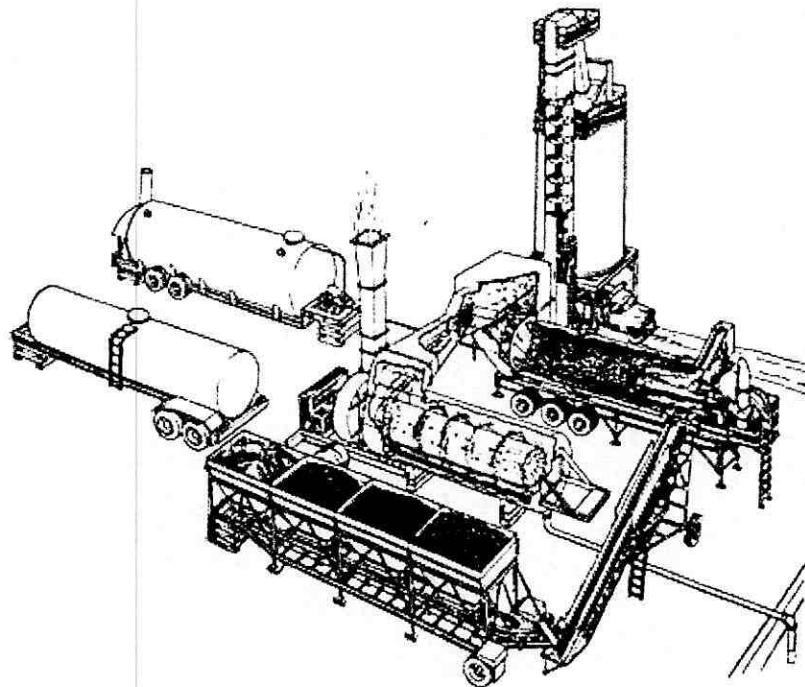
La graduación del agregado es controlada en el alimentador en frío. La rotación del tambor provee la acción necesaria para mezclar o combinar totalmente el cemento asfáltico con los agregados. Cuando la mezcla es desalojada del tambor, esta es

transportada a un depósito o silo donde posteriormente es descargada hacia los camiones o vehículos de acarreo.

Los componentes básicos de una planta mezcladora de tambor son:

- Tolvas de agregado de alimentación en frío.
- Sistema de transporte y pesado de agregado.
- Mezclador de tambor.
- Sistema colector de polvo.
- Transportador de mezcla en caliente
- Silo de compensación para mezcla.
- Cabina de control.
- Tanque de almacenamiento de asfalto.

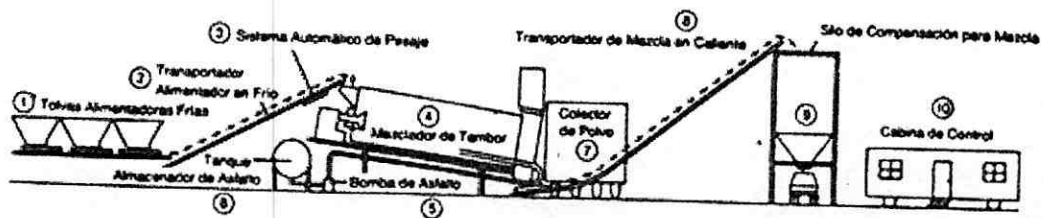
**Ilustración 4.28: Planta mezcladora de tambor**



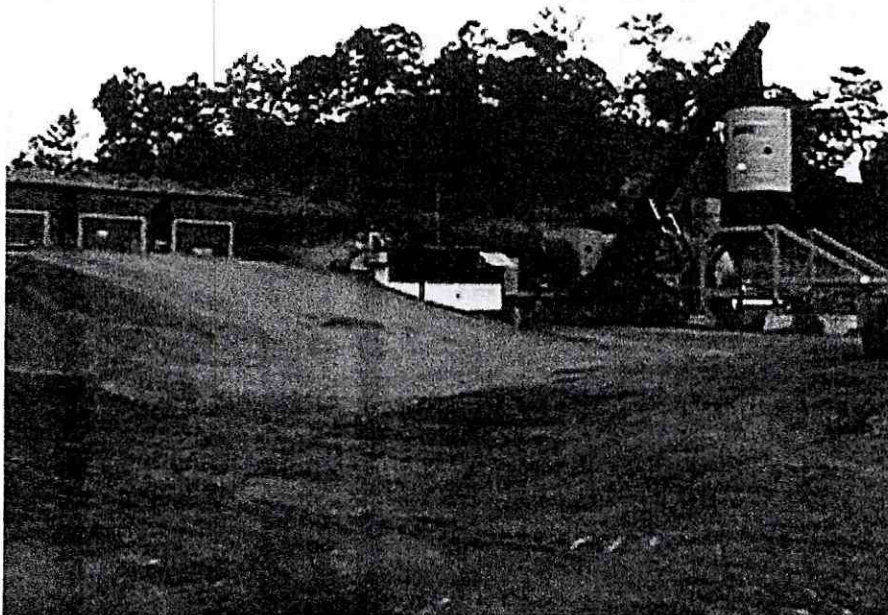
Los agregados serán depositados en cantidades controladas a las tolvas de alimentación en frío, luego los agregados serán alimentados en proporciones exactas a un transportador de alimentación en frío. Posteriormente un equipo automático de pesaje monitorea y controla la cantidad de agregado que entra al tambor mezclador, este equipo de pesaje esta entrelazado con los controles de la bomba de asfalto, la cual extrae asfalto del tanque de almacenamiento y lo envía al tambor. La rotación del tambor hace que se

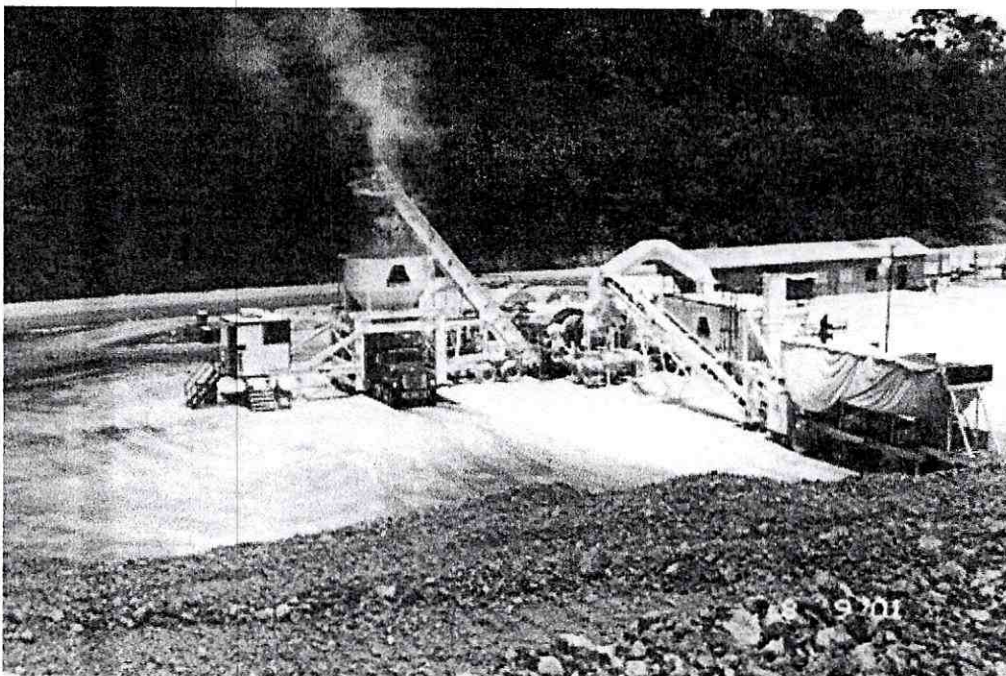
combine totalmente el asfalto y el agregado. Un extractor de polvo retiene y atrapa el exceso de polvo que escapa del tambor. La mezcla en caliente después de salir del tambor es transportada por transportador de mezcla en caliente hacia el silo de almacenamiento, de donde es cargada hacia los camiones o vehículos de acarreo para su traslado hacia la zona de pavimentación. Todas estas acciones son controladas y monitoreadas por medio de instrumentos que se encuentran dentro de la cabina de control.

**Ilustración 4.29: Componentes de una planta mezcladora de tambor**



**Ilustración 4.30: Plantas mezcladoras de tambor en producción**





Es de suma importancia que las plantas mezcladoras cuenten con los sistemas de control necesarios para garantizar el balance y la uniformidad que se necesita para producir una mezcla en caliente de concreto asfáltico que cumpla con las especificaciones de diseño.

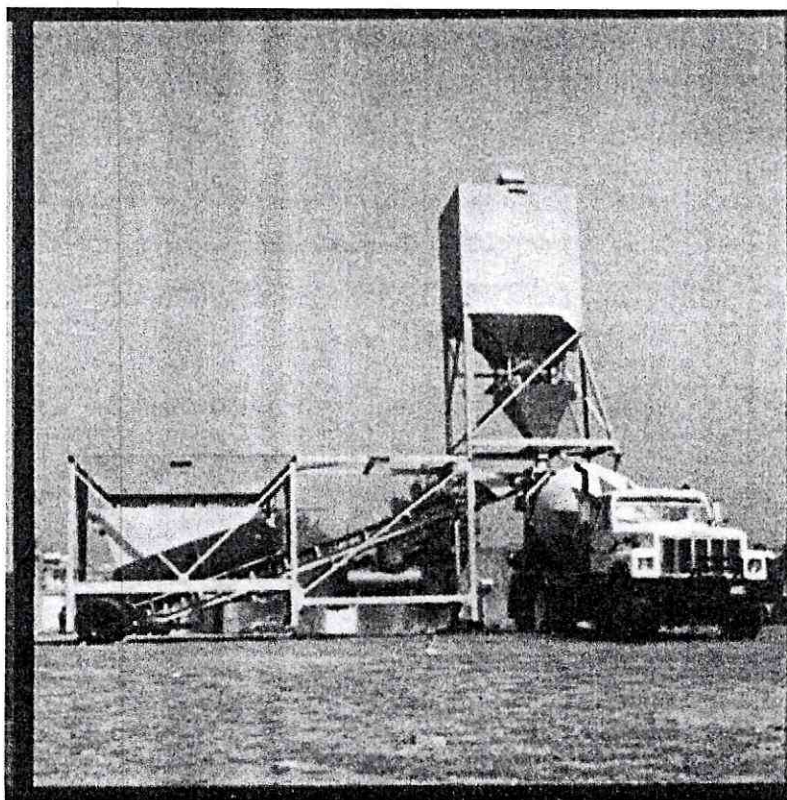
- Controles de alimentación en frío separados para cada tamaño de agregado.
- Controles de enclavamiento para la alimentación en frío del agregado, la entrega de asfalto y la entrega de aditivos al tambor.
- Controles automáticos para el quemador.
- Colector principal de polvo que pueda re-alimentar material al sistema o que pueda desechar el polvo.
- Sensores para medir la temperatura de la mezcla caliente en la descarga del tambor.
- Controles de compuertas en el depósito de compensación.
- Compensador de humedad.

Todos estos dispositivos de control y monitoreo están usualmente localizados en la cabina de control, de donde se tiene a la vista todo el proceso y operación de la planta.

**14. Plantas dosificadoras o mezcla de concreto hidráulico.** Estas plantas consisten en un sistema automatizado que dosifica por masa o volumen la cantidad de materiales pétreos y cemento necesarios para la fabricación de concreto hidráulico.

Las plantas dosificadoras depositan y cargan el material en sus proporciones correctas hacia un camión concretero, el cual se encarga de mezclar dichos materiales con el agua especificada para ser trasladados hacia el punto de colocación. Mientras que las plantas de mezcla depositan la mezcla “agregados+cemento+agua” lista para colocación en camiones de volteo para su traslado al punto de obra. Deberán contar con las tolvas, silo, básculas y transportadores necesarios para dicha actividad.

**Ilustración 4.31: Planta Dosificadora**





- Manómetros en general para la evaluación de bombas, transmisiones, convertidores, etc.
- Equipos de diagnósticos (compresiones, emisión de gases, etc.)
- Banco de prueba de inyección.
- Barreno.
- Amoladora (pulidora).
- Polipasto
- Cobertores plásticos.
- Equipos de torque
- Herramienta para repara neumáticos.
- Equipo de lubricación (engrasadora, toneles de depósito).
- Equipo de soldadura (eléctrica y autógena, electrodos de diferente calibre).
- Equipo para mantenimiento electromecánico.
- Historial de servicios y tiempos efectivos de reparación.
- Área para capacitación continua (salón de enseñanza y oficina)

**b. Topografía.** Dentro del equipo necesario que se necesita para poder contar con un buen departamento de cálculo se considera tener como mínimo lo siguiente:

- Nivel de ingeniero
- Nivel de mano
- Teodolito
- Estadal, cinta métrica
- Trípode
- Plomadas
- Almagana
- Brújula de mano
- Piochas
- Palas
- GPS
- Estación total
- Libretas de campo
- Archivos de registro

- Computadora
- Software

**c. Laboratorio de suelos y asfaltos.** El equipo de laboratorio de suelos estará dividido básicamente en los utensilios y equipos para el análisis y ensayos de los suelos que componen las diferentes capas del pavimento, y del equipo utilizado para los ensayos de las muestras extraídas en las diferentes etapas de construcción de la carretera.

### 1. Equipo para suelos

#### a. Equipo para granulometrías

**Cuadro 4.1 Equipo para pruebas de granulometría**

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Balanzas de:	20 Kg.- 44.1 lb., 16 Kg.- 35.0 lb. Y 2,610 ges- 5.8 lb
Tamices de:	3", 2 <sup>1/2</sup> ", 2.0", 1.5", 1.0", 3/4", 3/8", No. 4, No. 10, No. 40, No. 200, No. 200 Para lavado
Utensilios varios:	Estufa de gas propano, palas, bandejas, palanganas, cucharones, piochas, mazo hule, escoba, brochas, guantes de cuero, cuarteadora de metal, espátulas

#### b. Equipo para proctor

**Cuadro 4.2 Equipo para densidades**

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Cilindros:	Molde 4"- 1/30 pie <sup>3</sup> Molde 6"- 1/ 13.33 pie <sup>3</sup>
Mazos:	Mazo de 10 Lbs – 18 pulgadas caída. Mazo de 5.5 Lbs - 12 pulgadas caída
Probetas:	De 100 ml. De 500 ml
Tamices:	Tamiz 3/ 4" Tamiz No. 4
Utensilios	Razadora metálica, mazo de hule, bandejas, palanganas, brochas Razadora metálica, mazo de hule, bandejas, palanganas, brochas

**c. Equipo para límites de Atterberg.** Balanza de brazo triple

310 gms. 0.01, copa de Casagrande con ranurador, espátula de 1/ 2", vidrio de 1 pie<sup>2</sup>, (para efectuar el límite plástico), tarros para tomar muestra (1 docena), 1 Horno eléctrico, tamiz No. 40

**d. Equipo para CBR.** 3 Cilindros CBR. Completos con sus platos

perforados y seis piezas de 5 lb. C/una., Trípode con micrómetro para hinchamiento, prensa de C.B.R. con sus Dos Micrómetros

1 Anillo de 10,000 lb. Base,

1 Anillo de 6,000 lb... Sub-Base,

1 Anillo de 2,000 lb. Sub – Rasante (Arcillas)

**2. Equipo para mezcla asfáltica**

**a. Equipo para compactación.** Mazo compactador eléctrico o

manual, moldes de compactación con base y collarín, pedestal de compactación, extractor hidráulico (saca núcleos), para extraer las pastillas después de compactadas, termómetros. 500 °F ó 260 °C

**b. Equipo para estabilidad.** Prensa eléctrica para estabilidad

Marshall, molde de rotura para las pastillas. (Estabilidad), baño María para temperatura constante.

**c. Equipo para extracción centrifuga de asfalto.** Extractor

Centrífugo 1.5 A 3.0 Kilos, discos filtros para el extractor, liquido disolvente. (Gasolina súper), horno de secado eléctrico o estufa, probeta graduada A 500 ml.

**d. Accesorios varios.** Balanzas de brazo triple 2,610 gms.,

tamizadora eléctrica o manual (opcional), tamices (los indicados en suelos), cuarteadora metálica, cucharones, espátulas, brochas, guantes, palanganas, etc.

**3. Equipo para ensayos de concreto hidráulico**

**a. Equipo para resistencia.** Prensa hidráulica para ruptura de

testigos 25,000 libras carga, cilindros metálicos de 6" x 12" para tomar muestras.

**b. Equipo para calzado de cilindros.** Horno eléctrico para derretir azufre, molde refrendador cilindros, cucharón.

**c. Equipo para gravedad especifica piedrín y arena.**

Balanzas de 35 lb..., balanzas de 2,610 gms., cono y mazo metálico, matraz vidrio 500 ml., matraz vidrio 1,000 ml., bandeja metálica, palanganas, horno eléctrico o estufa, tamices utilizar según especificación.

**d. Equipo para peso unitario seco de agregados y concreto**

1/10 molde metálico 1/10 pie<sup>3</sup>

**e. Accesorios varios.** Escobas, brochas, espátulas, bandejas, palanganas.

## V. METODOLOGÍA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

### A. Limpia, chapeo y destronque:

Estos trabajos consistirán en la primera fase de construcción de la carretera y serán previos a la inicialización de los trabajos de movimiento de tierra y terracería. Estos constituyen básicamente la remoción, tala, desmonte, y en general de la eliminación de toda la maleza y materia vegetal así como desechos varios que se encuentre dentro de los límites de construcción. Se incluyen también la eliminación de construcciones, vallas, estructuras, pavimentos, tuberías abandonadas, alcantarillas, aceras y otras obstrucciones en general, que se encuentren dentro de dichos límites.

El desmonte y la eliminación de árboles, matorrales, madera tumbada, y otra vegetación se harán de manera que los árboles caigan hacia o dentro del área de limpieza sin dañar propiedades vecinas, en las áreas con taludes redondeados los troncos se cortarán a nivel o debajo de la rasante final. Todo producto de desecho será retirado y depositado en algún lugar autorizado por el ente Supervisor donde estos no puedan ser arrastrados hacia el sistema de drenaje de la vía. En el caso de desechos orgánicos y vegetales pueden ser depositados sobre los taludes de los rellenos en capas delgadas y ser aprovechados como abono orgánico para plantas con lo que los taludes se protegerán y se evitará la erosión y posibles derrumbes. En ningún caso se permitirá el control de maleza mediante la incineración, así como el uso de productos químicos para este fin.

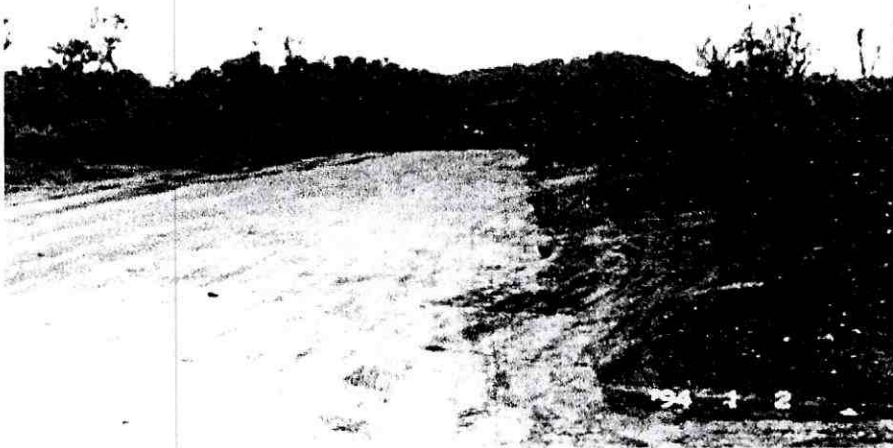
Al final de los trabajos de limpieza se debe tener en cuenta que no quede vegetación alguna que impida la total visibilidad de la señalización, vehículos o peatones en curvas o a través de toda la carretera y hasta tres metros de distancia del extremo del hombro. Además, se tiene que tener cuidado de no dejar ramas de árboles colgando con riesgo de caer hacia la pista o calzada de la carretera, así como tener una distancia libre de, por lo menos, 8 metros por encima de la calzada.

Todos los trabajos que se realicen en el área de la calzada o derecho de vía tienen que estar bien identificados mediante la utilización de las señales y dispositivos de seguridad, es conveniente que todo trabajador utilice además chalecos reflectivos como medida precautoria.

Es muy importante que antes de comenzar a realizar las tareas de limpieza y destronque se tengan en consideración las secciones transversales originales del terreno para poder contar luego con las dimensiones o el alcance de la limpieza y en especial para poder comprobar y calcular el volumen de material a desalojar para efectos de pago.

Los trabajos de limpieza y destronque pueden ser realizados por maquinaria de corte ya sean tractores o excavadoras, maquinaria de carga y acarreo o cuando no sea necesario puede ser realizado por cuadrillas de personal utilizando herramienta manual, ya sean podadoras, machetes, etc.

### **Ilustración 5.1: Limpia y chapeo**



## **B. Movimiento de tierras**

Este trabajo consistirá en la excavación y rellenos de material en la construcción de terraplenes. Dentro de las actividades se considerará la excavación y retiro de toda materia vegetal perjudicial; el corte, utilización o retiro de pavimentos asfálticos y material de base ya existentes; suministro, acarreo, colocación, conformación y compactación de material común apropiado o rocoso proveniente de bancos de préstamo o de cortes circunvecinos, su transporte y colocación; formación de taludes, excavación de cunetas y su prolongación necesaria, acabado y afinamiento de la superficie final denominada sub-corona de la terracería.

Todo material de corte y que comprenda la actividad de movimiento de tierra y que sea factible su utilización en la construcción de terraplenes, hombros, sub-rasante, cunetas y su prolongación y en otras partes de la obra se encontrará dentro de los límites del derecho de vía o de bancos de préstamo previamente analizados y formalizado su uso.

Toda excavación será no clasificada y comprenderá:

1. La excavación no clasificada de desperdicio, que consiste en material proveniente del corte y que dentro de las especificaciones sea sobrante o inapropiado para construcción en la obra.
2. La excavación no clasificada para préstamo, esta excavación consiste en el corte de material proveniente de bancos de material de préstamo aceptados para la utilización dentro de los límites de construcción de la obra en terraplenes o en otras estructuras.
3. La sub-excavación se referirá al material excavado por abajo del nivel de la sub-rasante, en los tramos de corte, o por abajo del nivel del terreno original en tramos de terraplén.

Los terraplenes podrán ser construidos con material común o rocoso. En todo caso antes de comenzar la construcción de estos deben ser rellenados y apisonados todas aquellas depresiones u hoyos resultantes de la limpia y el destronque, que se encuentren dentro de los límites de construcción de estos.

Los terraplenes de roca estarán constituidos por material que contengan 25 por ciento o más en volumen de pedazos de material rocoso mayores de 4" de diámetro. Deberán construirse en capas sucesivas de 45 centímetros o menos y extenderse a lo ancho de la sección típica. La parte superior del terraplén constituida por los últimos 30 centímetros no debe contener piedras cuya máxima dimensión sea mayor de 10 centímetros sino más bien de material bien graduado que asegure una máxima densidad y uniformidad en la capa superior de la sub-rasante.

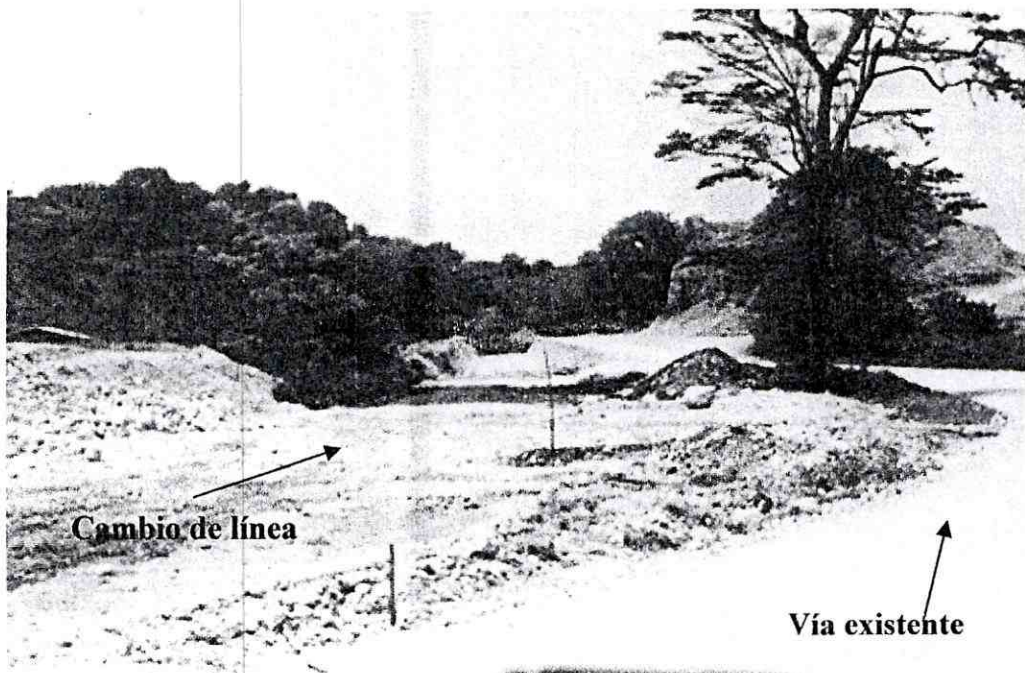
Los terraplenes de material común estarán constituidos por material que contengan menos del 25 por ciento en volumen de pedazos de material rocoso mayores de 4" de diámetro. Deberán construirse en capas sucesivas a todo lo ancho de la sección típica, con el espacio suficiente para poder regar agua para obtener la densidad máxima requerida. El espesor de la capa estará determinado por el tipo y la capacidad de compactación del equipo a utilizar. En ningún caso ese espesor de la capa podrá ser menor de 10 centímetros y mayor de 50 centímetros.

Los terraplenes deberán tener una densidad máxima final del 90 por ciento y los últimos 30 centímetros de la capa superior de sub-rasante, compactarse como mínimo al 95 por ciento.

La maquinaria para el movimiento de tierra comprenderá: maquinaria de corte, (tractores, excavadoras), maquinaria de carga (cargadores frontales, excavadoras), maquinaria de acarreo (camiones), maquinaria de tendido, conformación y afinamiento

(motoniveladoras), regadoras de agua y maquinaria de compactación (patas de cabra, rodos vibratorios)

### Ilustración 5.2: Movimiento de tierras para un cambio de línea central



### C. Drenaje menor (alcantarillas)

Los trabajos que comprenden la colocación de alcantarillas corresponden a la excavación, relleno y demás trabajos para poder cimentar las estructuras de drenaje. Previo a la excavación para la colocación de la alcantarilla se excavarán los canales de entrada y salida de estas.

Toda excavación deberá ser efectuada según el lineamiento, dimensiones, pendientes y detalles estipulados en los planos de diseño. Se debe tener en cuenta de hacer la excavación de tal manera que el 10 por ciento de altura total o de su diámetro vertical exterior de la alcantarilla este en contacto con el fondo o cimiento de la excavación. Todo material inadecuado que afecte la instalación de la alcantarilla y su base en el lecho será removido del fondo de la cimentación, tales materiales podrán ser: lechos rocosos, fango, materia vegetal y material inestable; estos serán reemplazados por material de préstamo con el que se rellenará y compactará para proveer una buena base de fundición.

El material de relleno debe ser el apropiado y aceptado por el supervisor, puede provenir de bancos de préstamo o del mismo que se haya extraído en la excavación

media vez cumpla con la calidad necesaria, este debe estar libre de terrones de arcilla, madera y materias extrañas. Este material debe ser de preferencia limo arenoso, con una plasticidad baja, libre de piedras mayores a los 5 centímetros de diámetro y terrones de arcilla. El material de relleno debe compactarse a un mínimo del 95 por ciento de la densidad máxima y en capas no mayores a los 15 centímetros por medio de apisonadores mecánicos o manuales.

La maquinaria, equipo y herramienta que podrá utilizarse será: equipo de corte y carga (retroexcavadora, excavadora), equipo de acarreo (camiones de volteo), equipo de compactación (rodillos manuales, apisonadores mecánicos o bailarinas), toneles con agua, piochas palas, carretillas de mano.

#### **D. Sub-rasante**

Se denomina capa de sub-rasante, a los últimos 30 centímetros que comprenden el nivel final de la sub-corona de la terracería producto del movimiento de tierras.

Para el reacondicionamiento o conformación de la sub-rasante se procederá a escarificar, homogenizar, mezclar, conformar, y compactar la sub-rasante existente si esta cumpliera con los requisitos de contar con el material apropiado para esta.

Todos estos trabajos se deben realizar tomando en cuenta los lineamientos tanto horizontal y vertical de la sección típica de diseño del pavimento para esta capa de material. Se tomarán en cuenta además que para cumplirse estos lineamientos podrá ser necesario efectuar cortes y rellenos en algunos puntos no siendo estos mayores de 20 centímetros de espesor, para poder lograr proporcionar una buena base de cimiento a la estructura del pavimento.

Los trabajos de reacondicionamiento se empezarán con el retiro de toda vegetación y material orgánico que se encuentren de los lineamientos horizontales y verticales de la sección típica de diseño.

Se delimitará el área donde la sub-rasante tenga que ser reacondicionada por no llenar los requisitos de calidad estipulado, pudiendo llegar a ser necesario efectuar cortes para el retiro de material inapropiado el cual será reemplazado por material de préstamo aprobado por el supervisor.

A lo largo de la sub-rasante se debe escarificar, regar con agua, homogenizar, mezclar, conformar y compactar ésta para cumplir con los parámetros de densidad máxima, siendo esta de 95 % respecto a su densidad máxima, con una tolerancia de 2 %  $\pm$ . Se escarificará hasta una profundidad 20 centímetros para sub-rasantes existentes y 30 centímetros para sub-rasantes nuevas, y en el caso de que el diseño del pavimento lo

requiera se efectuarán rellenos de capas no mayores a los 20 centímetros, homogenizando, mezclando, conformando y compactando dichas capas por individual.

Si el material existente cumple con los requisitos de calidad una motoniveladora se encargará de escarificar, homogenizar, mezclar y conformar dicho material de lo contrario el material de préstamo será extraído mediante maquinaria de corte y cargado a los camiones de volteo que llevarán el material hacia el lugar de trabajo, posteriormente una motoniveladora realizará los trabajos mencionados anteriormente y hasta que se haya finalizado la conformación de la superficie se procederá a compactar la capa de sub-rasante.

Es muy importante que se vigile la conformación del material a manera de que se cumpla con el bombeo para la sub-rasante estipulado en la sección típica de diseño, así como la compactación para lograr la densidad máxima requerida. De ser necesario se añadirá agua para poder contar con la humedad óptima y así alcanzar la densidad máxima, teniendo un estricto control en la cantidad de agua añadida para no estropear la capa y provocar el desperdicio de material.

La labor de compactación comenzará de los bordes de la sección hacia el centro de la carretera y previo a esto será necesario retirar todo aquel material que exceda a las 3" de diámetro y sea resultante de la conformación. Inmediatamente aceptada la sub-rasante tiene que ser cubierta por una capa de sub-base, antes de que pierda su humedad.

**Figura 5.3: Reacondicionando la sub-rasante del cambio de línea (ángulo contrario)**



## E. Capa de sub-base

Esta etapa consistirá básicamente en la construcción de una capa de material bien graduado y con las características físicas que cumplan con el material adecuado para sub-base. Todas estas actividades comprenderán la extracción del material en forma natural de un banco de préstamo, su trituración parcial si fuese necesario, carga, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla y homogenización, conformación y compactación de una o varias capas de material para sub-base con un espesor determinado sobre una sub-rasante previamente preparada, compactada, reacondicionada y aceptada por el supervisor y que se ajuste a los lineamientos horizontales y verticales de la sección típica de diseño del pavimento.

El material de la sub-base debe ser proporcionado según el volumen correspondiente al espesor de la capa según su diseño, teniendo muy en cuenta el factor de contracción del material ocasionado, al volumen colocado, por la compactación. Puede ser acarreado por medio de camiones de volteo y ser trasladado hacia el punto de trabajo dejándose apilado en forma de camellones o puede ser distribuido por medio de una esparcidora o terminadora (finisher).

Cuando el espesor de la capa de sub-base llegue a tener más de 30 centímetros de espesor el material será colocado en dos o más capas teniéndose en cuenta que éstas no podrán ser mayores a los 30 centímetros ni menores a los 10, asimismo es importante llevar el control de las secciones y los tramos de capas en las que han aceptado la compactación para proceder a colocar la capa inmediata superior.

Luego del tendido se procederá a la mezcla y homogenización y conformación de la sub-base a todo lo ancho de la sección típica y por el largo adecuado según el rendimiento de la maquinaria a utilizar, este trabajo se podrá realizar especialmente con motoniveladora, estabilizadora, arado de discos, o terminadora, que evite la segregación del material y cambie su granulometría.

Es posible agregar el agua suficiente al material durante la mezcla y homogenización para que éste contenga el porcentaje de humedad óptimo necesario para poder alcanzar su densidad máxima en la etapa de compactación, hasta alcanzar por lo menos el 95 % de esta, teniendo una tolerancia aceptable hasta de un 3 %  $\pm$  la cual será realizada del extremo o borde de la sección hacia el centro de la misma, excepto en curvas que se hará del borde interno hacia el borde externo de la misma. Durante la tarea de compactación es necesario que no se pierda la humedad en el material para que los agregados permanezcan consolidados y no haya segregación alguna.

El acabado de la superficie de la sub-base será verificado de manera que las desviaciones no excedan  $\pm 2$  centímetros respecto a la cota de superficie correspondiente de la sub-base. Esto tiene que ser realizado de forma transversal y longitudinal por medio de un escantillón, el cual es fabricado mediante un cordel o hilo delgado sujetado a dos varillas de la misma altura las que se colocan sobre dos puntos de contacto o trompos de construcción contiguos ya sea transversal o longitudinalmente y se chequea mediante una regla graduada que la altura del cordel sea constante sobre la superficie de la sub-base. Inmediatamente de aceptada la capa de sub-base tiene que ser protegida con una capa de base. Antes de que pierda su humedad y por consiguiente su compactación.

## **F. Capa de base**

Para la construcción de la capa de base se realizarán las mismas actividades que en la sub-base, siendo la diferencia la colocación de material de base de grava o de roca triturada. Este material de la base tiene que ser extraído de una cantera o banco de materiales apropiado, asimismo tiene que ser triturado y/o clasificado para poder cumplir con una graduación de granulometría específica. Se utilizarán equipos de trituración, corte, carga, equipo de acarreo, conformación y afinamiento, regadores de agua, equipo de compactación vibratoria y equipo de laboratorio.

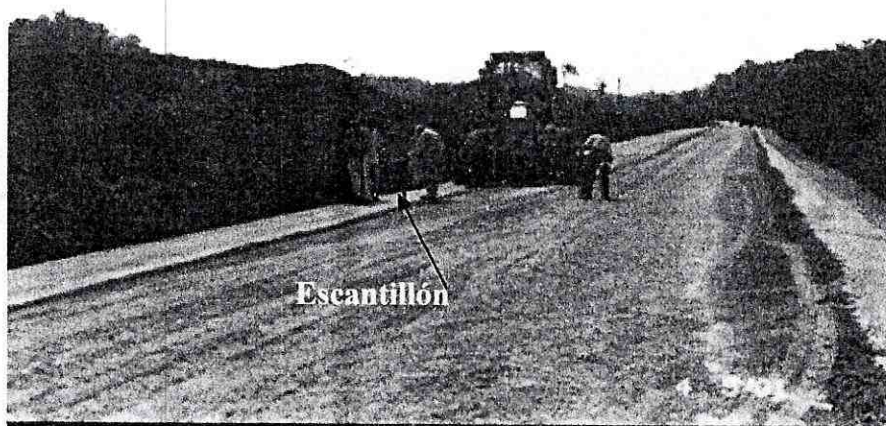
Otra de las diferencias con respecto al material de la sub-base es que el material de base tiene que tener mejores características físicas con respecto a la sub-base siendo éstas: valor soporte, equivalente arena, límite líquido, índice de plasticidad y granulometría específica e irregularidades en la superficie.

Para el afinamiento de la superficie de la base, es muy importante que se cuenten con las plantillas, cordeles, escantillón y reglas aprobadas por el supervisor para chequear los lineamientos, bombeos, espesores y pendientes especificados en el diseño de la sección típica del pavimento. La capa de base aceptada será cubierta inmediatamente para su preservación por medio de un riego de imprimación.

**Ilustración 5.4: Mezcla y homogenización de la base**



**Ilustración 5.5: Afinación de base**



## **G. Imprimación**

La imprimación se hará por medio de un riego por aspersión de un producto asfáltico rebajado o emulsión asfáltica sobre una capa de base granular aceptada previo a la colocación de una capa de mezcla asfáltica.

Toda la superficie de la base sobre la que se colocará el riego de imprimación tiene que ser limpiado y barrido, con el objetivo de retirar todo aquel material suelto y extraño que se encuentre sobre la superficie a tratar. Para esto se utilizará una barredora

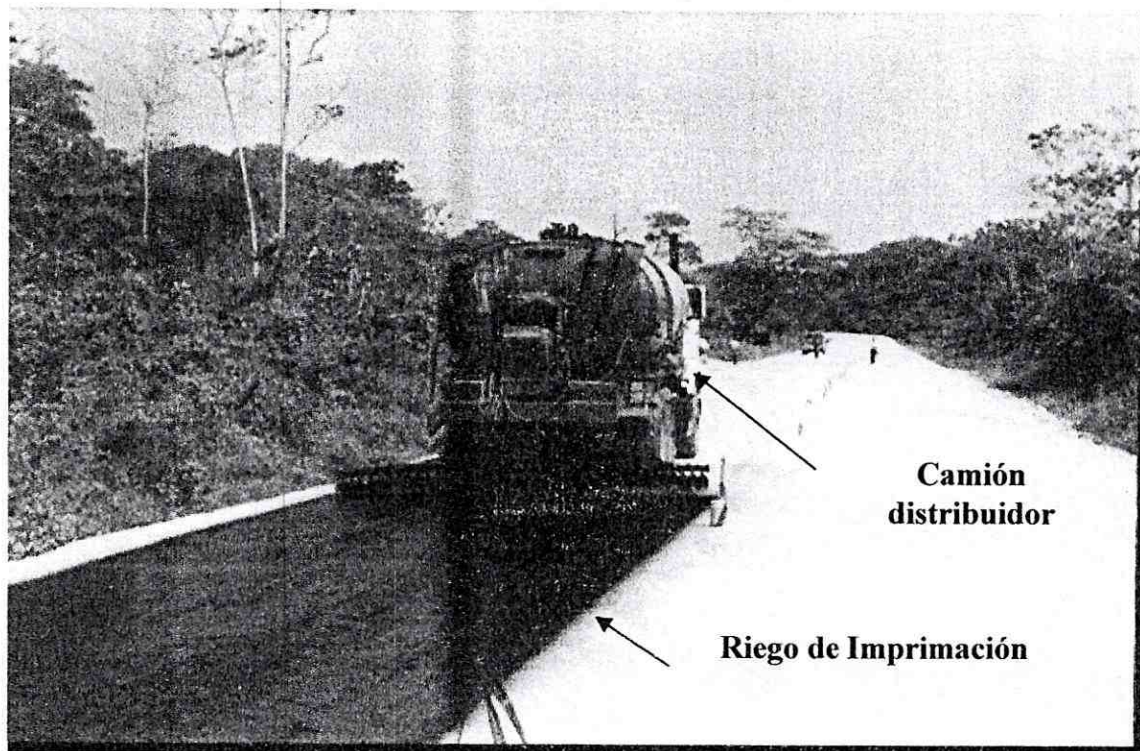
mecánica, escoba giratoria o un compresor de aire industrial, cuando la superficie de base este húmeda, para evitar que esta maquinaria dañe la superficie, de lo contrario puede llegar a producir descascamiento, grietas o exceso de material fino lo que afectaría el punto de riego y la penetración de la imprimación.

Se delimitará la superficie a tratar después del barrido y limpieza, se podrá utilizar hilo, cordel o pintura que muestren los anchos u extremos de la superficie y que presenten una guía operador del camión distribuidor y así tener un riego uniforme y recto, cuando la superficie de la base se encuentre a un 50% de la humedad optima, para obtener una penetración de 5 a 8 milímetros.

La cantidad de material o punto de riego que tendrá que ser colocado dependerá de la textura y tipo de material que conforma la superficie a imprimir teniendo unos valores de entre 0.25 y 0.50 galones de material líquido por metro cuadrado. Es igual de importante la verificación de la velocidad del camión distribuidor, por medio de ruedas con tacómetros e indicadores para el piloto y operador, para poder lograr el punto de riego específico y así evitar futuros problemas, como el afloramiento de asfalto, en las capas de carpeta asfáltica. La barra de distribución se debe ajustar a las medidas del área a imprimir, así como las boquillas de esta para lograr un riego parejo y uniforme.

Se puede trabajar un carril de la calzada primero y luego el otro con el objetivo de evitar el congestionamiento de tráfico. Esto se debe a que el riego de imprimación se debe dejar el tiempo suficiente para que llegue a tener un espesor de penetración sobre la superficie tratada de, por lo menos, de 5 milímetros, hasta que se logre dicho espesor se procederá a la distribución de material secante para poder absorber todo el exceso de material bituminoso no absorbido por la superficie, esto se realizará por medio de unidad automática de distribución u otros medios afines.

**Ilustración 5.6: Riego de imprimación**



## H. Riego de liga

El riego de liga consiste básicamente en la preparación, delimitación y tratamiento de una superficie previamente imprimada como una capa de base, una capa de concreto asfáltico o hidráulico, a fin de poder efectuar un riego de liga sobre la superficie de ellas.

Para poder lograr esto se tiene que delimitar previamente el área a ligar para poder llevar a cabo una limpieza de ésta, se tiene que remover cualquier tipo de material extraño, restos de arcilla o excrementos de animales que pueda haber en la superficie. Esto se puede realizar utilizando una barredora mecánica o un sistema de aire a presión, generalmente un compresor, considerando que estos sistemas de limpieza no dañen la superficie. Si llegará a persistir algún material fuertemente adherido a la superficie se puede considerar el lavado a presión con agua para retirar dicha suciedad y secar la superficie previo al riego de liga respectivo.

Después de la limpieza se delimitará la superficie mediante el uso de un cordel atado a clavos en los extremos o pintura, esto para poder proporcionar una guía al operador del camión distribuidor de asfalto o bien para el encargado del uso de la manguera rociadora del área que debe ser cubierta con la liga. La longitud del riego de liga por carril o sección dependerá de la velocidad de colocación de la capa superior por parte del equipo

(terminadora o finisher), del volumen de mezcla o concreto a colocar y la frecuencia de arribo de camiones de volteo con la mezcla a colocar. Todo esto debido a permitir que el material de liga, ya sea emulsión asfáltica o asfalto rebajado se seque y se encuentre lo suficientemente pegajoso para poder recibir la capa de cobertura y cuente con las mejores propiedades para lograr una buena adherencia entre capas.

La aplicación del riego de liga se puede hacer mediante un camión distribuidor con barra de aspersion a una velocidad uniforme para que se coloque una capa de liga a un punto de riego especificado, siendo entre 0.05 y 0.20 galones por metro cuadrado, dependiendo de la textura y el material que conforma la capa inferior; o mediante la aplicación del riego por medio de una manguera con pistola rociadora adherida a la parte posterior del camión, la cual puede también utilizada para la corrección de cualquier punto libre de liga o en su caso de imprimación. Es de suma importancia que se haga un buen riego de liga en las partes o juntas longitudinales de las dos secciones de pista.

#### **Ilustración 5.7: Riego de liga**



### **I. Colocación de concreto asfáltico**

La colocación del concreto asfáltico es la operación que incluye la extracción de material pétreo de un banco o cantera de materiales, su apilamiento, suministro hacia una planta de mezcla, inyección de cemento asfáltico, producción de la mezcla, transporte, colocación y compactación de esta.

El material pétreo que se utilizará para la elaboración del concreto asfáltico provendrá de bancos de materiales previamente limpiados, se efectuará una limpia chapeo o destronque de estos, de todo material que perjudique la calidad de la mezcla. Después de haber iniciado la explotación del banco, el material se debe pasar por un sistema de clasificación o trituración con las suficientes zarandas para lograr la adecuada clasificación de cada porción de agregado. Esto para lograr que en la planta de mezcla al combinar cada porción se logre la graduación especificada para el agregado pétreo dentro de los parámetros de diseño de la mezcla.

### **Ilustración 5.8: Clasificadora de material pétreo**



Previo a la colocación de concreto asfáltico se efectúan los trabajos de fabricación de mezcla asfáltica en una planta, básicamente consiste en la mezcla de material pétreo con cemento asfáltico en las proporciones adecuadas de diseño.

Estas plantas mezcladoras deben tener la capacidad suficiente de producción en función a la magnitud de la obra y al proceso de construcción de dicha obra.

Todo el proceso para la fabricación del concreto asfáltico se encuentra detallado en el capítulo 4 "Planta de Mezcla de Concreto Asfáltico".

La mezcla de concreto asfáltico debe ser transportada de la planta, hacia el lugar de su colocación. Esto se hará por medio de vehículos o equipo de acarreo en especial camiones de palangana de volteo. Estos camiones deben tener limpia la palangana; y cuando se transporte la mezcla esta debe ser transportada y cubierta por una lona u otro

medio que impida la contaminación de la mezcla con polvo, pérdida de temperatura u otra alteración durante el recorrido.

Previamente a la colocación y tendido de la mezcla se debe delimitar la sección a pavimentar mediante la utilización de señales o una línea de hilo continuo para guía del operador de la pavimentadora. El riego de liga previo es para lograr la adherencia entre la capa de base y la capa de asfalto o entre capas de asfalto. Previo al tendido de la mezcla se efectuará un granceado con la propia mezcla de tal manera que el rodamiento de los camiones no deterioren la zona ligada. La mezcla ya puesta en el lugar de trabajo debe colocarse y tenderse mediante una máquina pavimentadora, en especial una finisher, que permita ajustar el espesor y ancho a tender de la mezcla. La longitud de tendido máximo dependerá de la capacidad y energía de compactación del equipo con que se cuente para dicha labor.

El concreto asfáltico debe ser compactado a una temperatura no menor de 225°F o 117°C, la compactación debe ser uniforme de tal manera que se logre el 100% de la compactación con respecto a la densidad máxima de laboratorio.

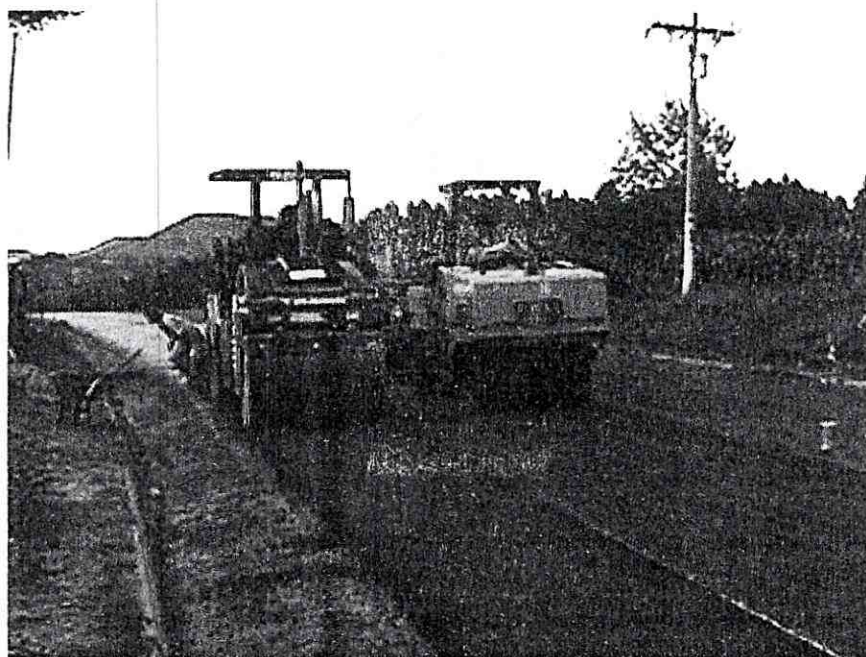
Las compactadoras de rodillos neumáticos y lisos deben de estar provistas de un sistema que los mantenga humedecidos o mojados de tal manera que la mezcla no se adhiera a ellos. El inicio de la compactación se debe iniciar tan rápido como lo permita la temperatura de la mezcla, se iniciará con una compactadora de rodillo metálico. La compactación debe ser paralelamente al eje longitudinal mediante pasadas sucesivas de la orilla de la sección al centro. La compactación debe iniciarse en el borde inferior en los lugares donde haya curvas.

El equipo de colocación, tendido y compactación debe estar libre de cualquier fuga de combustible y aceites que puedan alterar la calidad final de la mezcla.

#### **Ilustración 5.9: Pavimentadora colocando mezcla asfáltica**



### Ilustración 5.10: Compactación de concreto asfáltico



## J. Drenajes

**1. Drenaje superficial.** Las cunetas, disipadores y obras de drenaje superficial tendrán como objetivo el desalojo del agua que cae directamente sobre la carretera a consecuencia de la precipitación de agua de lluvia.

Consistirán básicamente en la construcción de canales paralelos a la línea central de la carretera a ambos lados. Podrán estar recubiertos de material pétreo con mortero simple, concreto fundido en sitio, premezclado o cubierto con materiales bituminosos.

La construcción de éstos consistirá en la delimitación del área donde se construirán, la excavación, conformación y estabilización de la sección y compactación de la base de cimiento o fundición.

Las dimensiones, formas y cotas de excavación de las cunetas y obras de drenaje dependerán de los lineamientos de diseño de la carretera, teniendo muy en cuenta que para cada región geográfica o lugar de proyecto existen índices y volúmenes de precipitación diferentes, para poder evacuar y conducir el agua hacia los vertederos y alejar de la carretera y taludes el agua de lluvia. Las tareas de excavación podrán ser desarrolladas por maquinaria, en especial una retroexcavadora o mano de mica o bien por medio de peones a mano. Se tendrá mucho cuidado para no llegar a excavar más allá de lo necesario para cumplir con las dimensiones de diseño, se conformarán y tallarán los

bordes de la excavación para cumplir con la sección del drenaje y se compactará el suelo de fundición. Posteriormente se procederá a la fundición de la estructura según su sección de diseño.

**2. Drenaje subterráneo.** Consiste en proveer y construir subdrenajes o camas filtrantes, que estarán constituidos en capas de material filtrante que envolverán una tubería perforada la que será recubierta por una capa de material impermeable que deberá ser compactado para su aceptación

## **K. Señalización**

Durante la construcción, reconstrucción o mantenimiento de una carretera debe preverse y transmitirse dicha información a los usuarios o conductores de vehículos, para que sepan de los trabajos que se realizan. Por lo tanto los dispositivos para el control de tránsito constituyen los elementos físicos que se utilizan para orientar al usuario y que se conduzca con corrección y seguridad.

Las señales se clasifican en:

- Horizontales
- Verticales

### **1. Señales horizontales.**

a. Pintura de línea central y laterales con pintura en frío o termoplástica. Se usa en blanco o amarillo en un ancho de 10 centímetros, en línea continua, depende de la distancia de visibilidad y en línea discontinua se usan 3.50 metros pintados y 7.50 sin pintar.

La pintura en frío para hacerla reflejante se usan esferas de vidrio en una proporción de 6 libras por galón de pintura.

La pintura termoplástica es mas resistente al desgaste y esta compuesta de resinas, pigmentos y microsferas para hacerla reflejante.

b. Violetas, ojos de gato o tachuelas reflejantes. Se usan alterándose con las líneas de pintura para dar más seguridad de visibilidad nocturna, nieve o lluvia.

c. Señales y marcas. Se consideran las fajas separadoras, barreras centrales, terreno natural, defensas laterales, vibradores, bordos, islas, etc.

- 2. Señalización vertical.** Comprende la señalización escrita o figurativa, colocada en forma elevada sobre el conductor o lateral a una altura determinada.
- a. Informativa. Estas señales guían e informan al conductor sobre rutas, distancias, servicios y todo aquello que se relacione, así como lugares de interés que puedan ser accesibles por la carretera en que viajan.
  - b. Preventiva. Estas señales advierten al conductor de la presencia de un peligro y también la naturaleza de este.
  - c. Restrictiva. Indican las prohibiciones, limitaciones y restricciones que regulan el uso de una vía y al cual se debe someter el conductor.

Todos los paneles con que se construyen este tipo de señales será fabricado mediante lámina de acero, calibre 16 con acabado galvanizado, para evitar la corrosión y así proporcionarle una mayor durabilidad a la intemperie.

El acabado de todas estas señales será con papel vinílico, este se aplicará en frío luego de haber desengrasado el panel para dar una mayor adherencia, este papel reflectivo irá solo encima de la cara de la señal y no en sus dobleces

Todas las señales contarán con un doblés de 1 pulgada de ancho en todo el perímetro de su tablero. Se ajustarán a los postes, con dos tornillos de seguridad de 2 ½ pulgadas de largo por 5/16 pulgadas de diámetro en acabado galvanizado, los que serán de perfil tubular galvanizado de dos pulgadas de chapa 14. Llevarán, además, una tapa superior de plástico para evitar que entre el agua y una varilla de 3/8 para su anclaje en el concreto de sujeción y fundición, hecho en obra.

Además de estas señales también se encontrarán señales o dispositivos de control de tráfico como: defensas para carreteras y puentes, indicadores del derecho de vía, cercas, monumentos de kilometraje y delineadores.

Para una mayor información sobre señalización en carreteras y ciudades, existe el MANUAL CENTROAMERICANO DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN CALLES Y CARRETERAS, proyecto aprobado por la segunda reunión de Directores Generales de Caminos en Centro América desde septiembre de 1975.

## VI. CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

En este capítulo se describirán los diferentes ensayos de laboratorio a los cuales son sometidos los materiales que constituyen las diferentes capas de material que componen desde la sub-rasante hasta la estructura del pavimento.

Se separaran los ensayos que se realizan en laboratorio con los que se realizan en el campo o lugar de trabajo. Asimismo se presentará un cuadro comparativo para indicar a que capa de la estructura del pavimento aplica cada uno de los diferentes ensayos.

**Cuadro 6.1: Ensayos de laboratorio**

Nombre del Ensayo	No. Norma	Capa de material al que aplica			
		Sub-rasante	Sub-Base	Base	Concreto Asfáltico
Hinchamiento CBR	AASHTO T 193	X	X	X	
Abrasión	AASHTO T 96		X	X	
Humedad de campo con carburo	AASHTO T 217	X	X	X	
Compactación I	AASHTO T 180	X	X	X	
Compactación II	AASHTO T 191	X	X	X	X
Graduación I	AASHTO T 27		X	X	X
Graduación II	AASHTO T 11		X	X	X
Graduación III	AASHTO T 37				X
Preparación de muestra en húmedo	AASHTO T 146		X	X	X
Límite líquido	AASHTO T 89		X	X	X
Índice plástico	AASHTO T 90		X	X	X
Equivalente de arena	AASHTO T 176		X	X	X
Desvestimiento	AASHTO T 182				X
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104				X
Peso unitario	AASHTO T 19				X
Marshall	AASHTO T 245				X
Gravedad específica I	AASHTO T 84				X
Gravedad específica II	AASHTO T 85				X
Viscosidad del cemento asfáltico	AASHTO T 201				X
Penetración del AC	AASHTO T 49				X
Punto de inflamación del cemento Asfáltico	AASHTO T 48				X
Contenido de asfalto por extracción	AASHTO T 164				X
Graduación después de la extracción	AASHTO T 30				X
Gravedad específica BULK	AASHTO T 166				X
Muestra de mezcla asfáltica	AASHTO T 168				X
Muestra de asfalto	AASHTO T 40				X
Densidad máxima de la mezcla	AASHTO T 209				X
Sensibilidad a la humedad-resistencia retenida	AASHTO T 283				X
Recubrimiento de partículas con bitumen	AASHTO T 195				X
Prueba del valor cementante			X	X	

## **A. Ensayos de campo**

1. **AASHTO T 217 Humedad de campo con carburo.** Este método de prueba está diseñado para determinar el contenido de humedad de los suelos. Mediante un medidor de humedad a presión de carburo de calcio. Deberán seguirse las instrucciones del fabricante para el adecuado uso del equipo. Este método no debe emplearse en materiales granulares que posean partículas lo suficientemente grandes que afectan la exactitud de la prueba, en general, cualquier cantidad apreciable retenida en un tamiz de 4.75-Mm. ( No. 4).

2. **AASHTO T 191 Densidad del suelo en el lugar por el método del cono de arena.** La intención de este método de prueba es determinar la densidad de los suelos en el lugar. El aparato (picnómetro) está restringido a pruebas en suelos que contengan partículas no mayores de 50 mm. (2 pulgadas) de diámetro.

## **B. Ensayos de laboratorio**

1. **AASHTO T 193 Hinchamiento CBR.** Este método de prueba cubre la determinación del CBR para las capas de sub-rasante, sub-base y base, de muestras compactadas en laboratorio. El método de examen o prueba ha sido diseñado en primer término (pero no exclusiva-mente) para evaluar la fuerza de materiales cohesivos el tamaño de cuyas partículas es inferior a 19mm (3/4').

Cuando van a ser examinados materiales cuyas partículas tengan un tamaño máximo superior a 19mm (3/4' pulgadas) el presente método de prueba prevé o permite la modificación de la gradación del material, de tal forma que el material usado para las pruebas pase todo por el tamiz 19.0mm (3/4 de pulgada), en tanto que la fracción total de grava (ripio, pedrín), +- 4.75-Mm. (No.4) a 75mm, permanezca igual. Si bien tradicionalmente se ha empleado este método de preparación de las muestras para evitar errores inherentes a las pruebas en materiales que contienen partículas muy grandes con el instrumental para CBR, el material modificado puede tener propiedades de fuerza significativamente diferentes que el material original. Sin embargo, una amplia base de experiencia se ha formado utilizando este método en materiales para los cuales se ha modificado la graduación, y están actualmente en uso métodos de diseño satisfactorio basados en los resultados de pruebas que emplean este procedimiento.

En el pasado, la práctica ha demostrado que los resultados del CBR para los que tienen porcentajes substanciales/importantes de partículas retenidas en el tamiz de 4.75-Mm. (No 4) son más variables que para materiales más finos. Por consiguiente, pueden requerirse más pruebas en tales materiales para poder establecer un CBR confiable.

El presente método permite la determinación del CBR de material con un contenido óptimo de agua o con un rango de contenido de agua de una prueba de compactación especificado y una unidad de masa seca. La unidad de masa seca normalmente se da como un porcentaje del máximo de la unidad de masa seca.

La institución que solicita la prueba deberá de especificar el contenido de agua o el rango del contenido de agua y la unidad de masa seca para el cual se desea el CBR.

A menos que la agencia solicitante lo especifique de otro modo, o a menos que se haya demostrado que no incide en los resultados de las pruebas para el material examinado, todas las muestras deben ser humedecidas previo a la penetración.

**2. AASHTO T 96 Resistencia al desgaste de agregado grueso por la abrasión e impacto en la Máquina de Los Ángeles (Abrasión).** Este método cubre el muestreo de agregado grueso más pequeño que 1 ½ pulgada (37.5 mm) para su resistencia al desgaste al ser sometido a la prueba de abrasión por medio de la Máquina de Los Ángeles.

**3. AASHTO T 180 Relación entre humedad y densidad en suelos (Compactación).** El presente método de prueba se propone servir para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde dado de tamaño específico dado mediante un apisonador dejado caer de un altura de 457mm (18'). Se proveen 4 procedimientos alternativos, como sigue:

- a. Método A- Molde de 101.60mm (4'): Material de suelo que pase por un tamiz de 4,75mm (tamiz No.4).
- b. Método B- Molde de 152.40mm (6' pulgadas): Material de suelo que pase por un tamiz de 4,75mm (No. 4).
- c. Método C- Molde de 101.60mm (4') Material de suelo que pase por un tamiz de 19.0 mm (tamiz ¾")
- d. Método D- Molde de 152.60mm (6') Material de suelo que pase por un tamiz de 19.0 mm (tamiz ¾")

El método escogido deberá indicarse en las especificaciones para el material a ser examinado. Si no se especifica el método, se aplicará lo estipulado para Método A.

**4. AASHTO T 27 Análisis de tamiz de agregados finos y gruesos (Graduación).** Este método cubre la determinación de la distribución del tamaño de las partículas de agregados finos y gruesos por medio del tamiz. Algunas especificaciones para agregados que hacen referencia a este método, contienen requisitos de granulometría, incluyendo fracciones tanto finas como gruesas.

**5. AASHTO T 11 Graduación.** Este método de prueba cubre la determinación de la cantidad de material más fino que la abertura de un tamiz de 75µm (No. 200) en agregado por lavado. Las partículas de arcilla y otras partículas agregadas que son dispersadas por el agua del lavado, así como otros materiales hidrosolubles, serán retirados del agregado durante la prueba.

Se incluyen dos procedimientos, uno que utiliza sólo agua en la operación de lavado, y el otro, que incluye un agente humectante para coadyudar en el desprendimiento del material más grueso que el más fino que el colador de 75 µm. A menos que se indique específicamente lo contrario, se usará el procedimiento A (sólo a agua).

**6. AASHTO T 37 Análisis por tamiz de relleno mineral para materiales de caminos y de pavimentos (Graduación).** Este método cubre el análisis de tamiz de rellenos minerales usados en materiales de caminos y de pavimentación.

**7. AASHTO T 146 Preparación húmeda de muestras de suelo extraídas para pruebas (Preparación de muestra en húmedo).** Estos métodos de prueba cubren la preparación húmeda de muestras de suelo según se reciben del campo, para su análisis mecánico y la determinación de constantes de suelo.

El método A dispone secar las muestras de campo a una temperatura no mayor de 60° C (140° F) haciendo una separación húmeda en el tamiz de 0.425 mm (No. 40) y secando a una temperatura no mayor a los 60° C (140° F). El método B dispone que la muestra de campo se mantenga con un contenido de humedad igual o mayor que el contenido natural de humedad. Las muestras de tal suelo deben ser enviadas al laboratorio en envases sellados, sin permitir que se sequen antes de las pruebas. Si no se especifica el procedimiento, regirá el Método A.

- 8. AASHTO T 89 Determinación del límite líquido de suelos (Límite Líquido).** El límite líquido de un suelo es aquel contenido de agua alcanzado, con lo que el suelo pasa de un estado plástico a uno líquido.
- 9. AASHTO T 90 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad de suelos (índice plástico).** El límite plástico de un suelo es el mínimo contenido de agua determinado, dentro del cual el suelo permanece plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el rango del contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa de tierra secada en horno, dentro del cual el material está en estado plástico. Es la diferencia numérica entre el límite los límites líquido y plástico del suelo.
- 10. AASHTO T 176 Finos plásticos en agregados y suelos escalonados usando la prueba equivalente de arena (Equivalente de arena).** Esta prueba intenta servir como una prueba rápida de campo para mostrar las proporciones relativas de polvo fino o material arcilloso en suelos o agregados escalonados.
- 11. AASHTO T 182 Desvestimiento.** Este ensayo trata del baño y el procedimiento mediante inmersión estática para determinar la retención de una película bituminosa en un agregado durante la presencia de agua. Es aplicable a asfaltos rebajados, emulsificados y semi-sólidos.
- 12. AASHTO T 104 Solidez del agregado por el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (Desintegración al sulfato de sodio).** Este método cubre el procedimiento a seguir para la prueba de agregados para determinar su resistencia a la desintegración por soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Esto se logra por la inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio seguidas por secado al horno para deshidratar parcial o totalmente la sal precipitada en los espacios permeables de los poros. La fuerza expansiva interna, derivada de la rehidratación de la sal en la reinmersión, simula la expansión del agua al congelarse. Este método de prueba proporciona información de mucha ayuda para juzgar la solidez de los agregados sujetos a la acción del clima, particularmente cuando no hay información adecuada disponible en los registros de servicio de los materiales expuestos

a las condiciones reales del clima. Llama la atención al hecho de que los resultados de las pruebas usando las dos sales, difieren considerablemente y se debe tener cuidado al fijar los límites apropiados en cualquier especificación que pueda incluir requisitos para estas pruebas.

### **13. AASHTO T 19 Especificaciones estándar para unidades de peso y**

**vacíos en agregado (Peso Unitario).** Este método cubre la determinación de unidades de peso en condición suelta o compacta, y vacíos calculados en agregados finos, gruesos o mixtos basados en la misma determinación. El método es aplicable a agregados no mayores de 150 mm (6 pulgadas) en tamaño máximo nominal. Unidad de Peso es la terminología tradicional usada para describir la propiedad determinada por este método de prueba. Algunos creen que el término apropiado es "unidad de masa" o "densidad de volumen", pero no se ha llegado a un consenso sobre esta terminología alternativa.

### **14. AASHTO T 245 Resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas**

**usando el aparato Marshall (Marshall).** Este método cubre la medida de la resistencia al flujo plástico de especímenes cilíndricos de mezclas bituminosas de pavimento cargadas sobre la superficie lateral, por medio del aparato Marshall. Este método es para uso con mezclas que contengan cemento asfáltico, asfalto rebajado o alquitrán, y agregados hasta 25.4 mm (1 pulgada) de tamaño máximo.

### **15. AASHTO T 84 Gravedad específica y absorción del agregado fino**

**(Gravedad específica).** Este método cubre la determinación del volumen y la gravedad específica aparente, 23/23° C (73.4/73.4° F) y la absorción del agregado fino. Este método determina (después de 15 horas inmerso en agua) la gravedad específica del volumen y la gravedad específica aparente, la gravedad específica del volumen basada en la masa del agregado saturado de superficie seca, y la absorción.

### **16. AASHTO T 85 Gravedad específica y absorción de agregado**

**grueso (gravedad Específica).** Este método cubre la determinación de la gravedad específica y la absorción del agregado grueso. La gravedad específica puede expresarse como gravedad específica de volumen, gravedad específica de volumen (saturado de superficie seca –SSD-), o gravedad específica aparente. La gravedad

específica de volumen (SSD) y la absorción están basadas en agregado que ha permanecido 15 horas entre agua. Este método no es para uso en agregados livianos.

**17. AASHTO T 201 Viscosidad cinemática de asfaltos (Viscosidad del cemento asfáltico).** Este ensayo cubre el procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática de asfaltos líquidos y residuos destilados de asfaltos líquidos todos estos a 140°F (60°C) y cementos asfálticos a 275°F (135°C).

**18. AASHTO T 49 Penetración de materiales bituminosos (Penetración del AC).** Este ensayo abarca el procedimiento para la determinación de la penetración de materiales bituminosos semi-sólidos y sólidos.

**19. AASHTO T 48 Punto de inflamación del cemento asfáltico.** Este ensayo determina el punto de inflamación y fuego de todos los productos derivados del petróleo excepto los aceites combustibles.

**20. AASHTO T 164 Extracción cuantitativa de bitumen de mezclas bituminosas para pavimento (Contenido de asfalto por extracción).** Estos métodos cubren la determinación cuantitativa de bitumen en mezclas hechas en caliente y muestras de pavimento. El agregado obtenido con estos métodos puede usarse para análisis de tamiz utilizando el AASHTO T 30. Los resultados obtenidos por estos métodos pueden ser afectados por la edad del material bajo prueba, tendiendo las muestras más antiguas a contener cantidades de bitumen un poco menores. Los mejores resultados se obtienen cuando se hace la prueba en mezclas y pavimentos poco después de su preparación.

Es difícil remover todo el asfalto cuando se usan algunos agregados, y puede quedar algo de solvente dentro del material mineral, lo que afectará el contenido medido de asfalto.

**21. AASHTO T 30 Análisis mecánico de agregados extraídos (Graduación después de la extracción).** Este método de prueba cubre un procedimiento para determinar la distribución del tamaño de las partículas de agregados finos y gruesos extraídos de mezclas bituminosas, usando tamices con aberturas cuadradas.

**22. AASHTO T 166 Gravedad Específica Bula.** Se determinará con este ensayo la gravedad específica bulk de especímenes de mezclas bituminosas compactadas.

**23. AASHTO T 168 Práctica estándar para muestreo de mezclas bituminosas de pavimento (Muestra de mezcla asfáltica).** Esta práctica cubre el muestreo de mezclas bituminosas de pavimento en los puntos de manufactura, almacenaje, entrega o en el lugar.

**24. AASHTO T 40 Práctica estándar para muestreo de materiales bituminosos (Muestra de asfalto).** Esta práctica se aplica al muestreo de materiales bituminosos en los puntos de manufactura, almacenamiento o entrega.

**25. AASHTO T 209 Densidad máxima de la mezcla.** Cubre la determinación de la máxima densidad y gravedad específica teórica de mezclas asfálticas sin compactar.

**26. AASHTO T 283 Sensibilidad a la humedad-resistencia retenida.** Cubre la preparación de especímenes y la medición del cambio de la fuerza diametral de tensión como resultado de los efectos de saturación y las condiciones aceleradas de presencia de agua en las mezclas asfálticas trabajadas en laboratorio. Estos resultados pueden ser utilizados en prever el desvestimiento a largo plazo de dichas mezclas y la utilización de químicos aditivos para prevenir esta.

**27. AASHTO T 195 Recubrimiento de partículas con bitumen.** Este determina el grado de recubrimiento de las partículas en una mezcla asfáltica, en base al porcentaje de agregado grueso que están completamente cubiertas. La determinación de los porcentajes de partículas cubiertas en diferentes tiempos de mezcla puede ser utilizada para establecer el mínimo de tiempo de mezcla requerido para producir un recubrimiento mínimo aceptable de los agregados.

**28. Prueba del valor cementante.** En algunos casos se construyen carreteras que cuenta con espesores menores de 10 cm en lo que respecta a carpeta asfáltica o capa de rodadura. Esto provoca principalmente que el confinamiento de los

materiales que conforman la base o sub-base no sea suficiente para que estos puedan resistir los diferentes esfuerzos sin llegar a deformarse, este tipo de esfuerzos serán especialmente del tipo tangenciales producidos por el tránsito vehicular.

Es necesario que los materiales que forman las capas inferiores contengan un cierto aglutinamiento que provea una resistencia y un soporte adecuados a carpetas delgadas.

El aglutinamiento de estas capas de materiales se puede dar por medio de la adición de cal o cemento Pórtland para aquellas calzadas con promedios de tránsito altos y mediante la adición de materiales con baja plasticidad, como limos, siempre y cuando se cumplan los requisitos de resistencia y plasticidad para materiales de base y sub-base.

## VII. SITUACIONES ESPECIALES

En este capítulo se presentaran los problemas y fallas más comunes que se ocurren después de finalizada la construcción de una carretera utilizando concreto asfáltico. La mayoría de estos problemas se deben principalmente a una mala ejecución del proceso constructivo de la carretera. Cada falla se presenta con su determinada causa y consecuencia. Asimismo, se presentan una serie de actividades que se pueden realizar para corregir estos problemas.

### A. Fisuras y grietas

**1. Fisuras en forma de piel de cocodrilo.** Son una serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos, causadas generalmente por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas de tráfico repetidas. Tienen, generalmente, un diámetro promedio de 30 cm. Ocurren en las áreas sometidas a cargas de tráfico, especialmente en la región de contacto con los neumáticos o huellas de canalización. Si se encuentra una base y sub-base débil las fisuras irán acompañadas de ahuellamientos.

Se puede establecer como un determinante para saber que el pavimento ya no tiene capacidad de soporte estructural y que ha llegado al fin de su vida útil. El material ligante ha envejecido y perdido la flexibilidad para soportar cargas repetidas de tráfico sin agrietarse.

**2. Fisuras en forma de bloque.** Son fisuras formando piezas o bloques rectangulares, con un diámetro promedio mayor a los 30 cm. Son causadas principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas debido a los cambios de temperatura diarios. Pueden también ocurrir en mezclas asfálticas colocadas sobre capas de base estabilizadas o mejoradas con cemento Pórtland, las cuales debido a la contracción eventual de la capa de base reflejan las fisuras a la superficie del pavimento. Una ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de estas grietas de contracción. Se pueden producir a su vez por un cambio de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas con un ligante de penetración baja. Estas fisuras no están asociadas a las cargas producidas por el tráfico; sin embargo, éstas aumentan la severidad de las fisuras o fallas. Es un claro indicativo de que el asfalto se ha endurecido.

**3. Fisuras en forma de arco.** Son series de fisuras en forma de media luna que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción que ejercen las llantas de los vehículos sobre el pavimento. Éstas se producen debido a fuerzas de frenado o giro que ejercen los vehículos, esto causa un resbalamiento y deformación en la superficie del pavimento. Se presenta generalmente con la combinación de una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento.

Sus causas principales son desde una ausencia de riego de liga, un exceso de ligante o la presencia de polvo o suciedad durante el proceso de riegos. Asimismo, por espesores de carpeta muy reducidos y que se colocan sobre superficies muy pulidas, especialmente sobre losas de concreto hidráulico.

**4. Fisuras de forma transversal.** Estas fisuras se presentan como un agrietamiento de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, forman generalmente un ángulo recto con el eje de la carretera.

Ocurren generalmente por la contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, envejecimiento asfáltico, etc.; por una reflexión de grietas en la capa subyacente, especialmente pavimentos de concreto hidráulico y por una defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie.

**5. Fisuras de forma longitudinal.** Estas grietas se presentan a todo lo largo y paralelamente al eje de la carretera. Ocurre generalmente debido a:

- a. Instancias iniciales del fenómeno de fatiga por debilidad estructural.
- b. Una mala ejecución en la construcción de las juntas longitudinales.

Estas ocurren generalmente en el eje y coincidencias de los carriles de distribución y sobre anchos.

- c. Por una contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad.
- d. Por reflexiones de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento.
- e. Por una deficiente confinación lateral, falta de hombros y bordillos, lo cual provoca un debilitamiento del pavimento en el borde precisamente.

**6. Fisuras debido a reflexión de juntas.** Se presentan únicamente en sitios o lugares donde se encuentran pavimentos mixtos. Constituidos generalmente por una superficie asfáltica sobre una losa de pavimento rígido. Básicamente consiste en la

propagación de las juntas, del pavimento rígido, ascendentemente hacia la superficie asfáltica. Debido a esta reflexión se observan sobre la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que coinciden con las juntas longitudinales y transversales de las losas de concreto hidráulico.

El movimiento de las losas inferiores, es generalmente la causa de este problema, debido al cambio de temperatura o en el contenido de humedad. El tránsito puede llegar a producir una ruptura en la capa asfáltica cerca de las grietas reflejadas, teniendo como resultados zonas de peladura y baches.

## **B. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos**

- 1. Ahuellamiento.** Consiste en una depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito.

Se deben principalmente a que las repeticiones de las cargas del tráfico, producen deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o sub-rasante.

El apareamiento de ahuellamientos indica una insuficiencia estructural del pavimento o una deficiente estabilidad en el sistema sub-rasante-pavimento. En algunos puntos es más evidente debido al deslizamiento y posterior apareamiento de un cordón de mezcla asfáltica a cada lado del área deprimida. Dentro de sus principales causas están:

- a. Capas estructurales pobremente compactadas
- b. Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, debido una mala graduación de los materiales, a la presión del agua y saturación de la misma.
- c. Mezcla asfáltica inestable.
- d. Ausencia de hombro y posterior falta de apoyo lateral.
- e. Espesores deficientes de las capas que componen el pavimento.
- f. Fallas en el control de calidad y proceso constructivo.
- g. Utilización de materiales inadecuadamente o de mala calidad.
- h. Volúmenes de tráfico alto y sobrecargas no contempladas dentro del diseño original del pavimento.
- i. Estacionamiento durante largos períodos de tiempo de vehículos pesados.
- j. Exceso en los puntos de riego de los materiales ligantes.

- 2. Corrimiento.** Este tipo de daño es a consecuencia de la acción de las cargas del tráfico sobre capas de mezcla asfáltica poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o por la ausencia de un confinamiento lateral. Un mal procedimiento en los trabajos de riego de liga o imprimación no permiten una adecuada

adherencia entre la capa asfáltica de rodadura y la inmediata inferior, dando lugar a un corrimiento.

Estos se presentan mediante el desplazamiento de la mezcla asfáltica, la que se presenta por medio de levantamientos de material formando cordones laterales. También se puede presentar por el desplazamiento de la capa asfáltica sobre la superficie inferior, la que se presenta por medio de levantamiento hacia el eje de la carretera.

**3. Corrugación.** Es ocasionado principalmente por la acción de las cargas del tráfico sobre las capas superficiales.

Este daño se presenta por medio de una serie de ondulaciones, que están constituidas por depresiones y crestas, perpendiculares a la dirección del tráfico. Éstas se presentan muy próximas unas a otras, generalmente a intervalos menores a 1 metro de distancia entre cada una.

**4. Hinchamiento.** Se presenta generalmente en forma de onda que distorsiona el perfil de la carretera. Dando lugar a un abultamiento o levantamiento en la superficie del pavimento. La expansión de los materiales, utilizados en la subrasante del tipo expansivo, es una de las principales causas de este tipo de daño. Se pueden presentar fisuramientos en la superficie al mismo tiempo.

**5. Hundimiento.** Este tipo de daño es causado por asentamientos que sufre la fundación del pavimento, se debe a deficiencias durante la construcción o a falta de un continuo mantenimiento a los drenajes. Una heterogeneidad constructiva puede presentar simples descensos de nivel a hasta provocar una insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales. Se presenta como una depresión o un descenso en la superficie del pavimento en un área determinada del mismo.

## **C. Desintegración en los pavimentos asfálticos**

**1. Bache.** Estos pueden ser causados por fundaciones y capas inferiores inestables; espesores de capa pobre; construcción deficiente; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Se puede ocasionar también por la fricción abrasiva del tráfico sobre puntos del pavimento con mayor debilidad, y se da como un futuro daño después del apareamiento de fisuras del tipo cuero de cocodrilo, las que han alcanzado un nivel alto de severidad. Estos provocan la desintegración y posterior desprendimiento de la capa superior del pavimento, originando un bache.

Básicamente, el bache se presenta como una desintegración total de la capa de rodadura del pavimento, la que se puede extender a capas inferiores de este, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

**2. Peladura.** Este daño se da cuando la superficie de la carpeta asfáltica se desintegra, esto a consecuencia de la pérdida del ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, con lo que aumenta la textura del pavimento y se exponen cada vez más los agregados a la fricción del tráfico y clima. El desprendimiento de los agregados se presenta en forma de estrías longitudinales paralelas a la dirección del tráfico.

Esta falla es un indicativo de que el ligante se ha endurecido apreciablemente, el cual ha perdido sus propiedades o el contenido del ligante es insuficiente; la utilización de una mezcla asfáltica de deficiente calidad; el empleo de agregados sucios o muy absorbentes, lo que lleva a un proceso de desvestimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto; o cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, y también la acción del agua de lluvia.

**3. Desintegración de bordes.** Es causada principalmente por los efectos abrasivos que ocasionan las cargas del tráfico sobre el extremo del pavimento, donde la estructura es de mayor debilidad, debido al mayor confinamiento lateral y una deficiente compactación del borde.

Se presenta principalmente en pistas con hombros no pavimentados, en las cuales los vehículos ejercen fricción sobre el extremo del pavimento.

## **D. Otros deterioros**

**1. Exudación de asfalto.** Consiste en el afloramiento del material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento; creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa cuando la temperatura es muy alta.

Es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y riegos bituminosos. Ocurre también en mezclas con porcentajes de vacíos deficientes, durante épocas de alta temperatura: el ligante se dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie dejando una película de material bituminoso.

**2. Parchados y reparaciones de servicios públicos.** Estas reparaciones se presentan donde el pavimento original ha sido extraído y reemplazado con material

similar o diferente, para reparar el pavimento existente. Este tipo de parchados se puede dar también a consecuencia de la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Este tipo de reparación o parchado disminuye la serviciabilidad de la carretera y es indicativo de la intensidad o del tipo de mantenimiento que necesita, así como, la necesidad de reforzar la estructura de esta.

Es de suma importancia el control de calidad en la ejecución de este trabajo, ya que las áreas parchadas tienen un comportamiento estructural inferior al pavimento original, y son origen de una mayor rugosidad del pavimento y de un surgimiento de nuevas fallas en la misma reparación o en el área adyacente.

## **E. Reparaciones**

**1. Bacheo menor de carreteras pavimentadas.** Consiste en la reparación a mano de pequeñas áreas pavimentadas, realizada con mezcla asfáltica en frío cuyo espesor máximo sea de 10 centímetros.

Esto se hace para corregir baches, depresiones, desintegración de bordes y otras irregularidades que representen peligro a la vida.

**2. Bacheo mayor de carreteras pavimentadas.** Es la reparación de fallas mayores del pavimento. En determinados casos puede estar combinado con el reemplazo de base y sub-base si se considera necesario. La reparación no debe ser mayor de 10 centímetros de espesor en la carpeta asfáltica.

Éste se hace con el propósito de reponer una carpeta de rodadura con fallas por una lisa e impermeable que además provea del debido soporte estructural.

Estas operaciones se realizarán cuando se presenten mayores daños en la carpeta de rodadura o se aprecie inestabilidad en la base.

**3. Sello de grietas en superficies asfálticas.** Consiste en el sellado de áreas fisuradas o agrietadas de las carpetas de rodadura mediante la aplicación de asfalto líquido y agregado fino. Este se realizará, cuando se presenten fisuras o grietas en pequeñas áreas aisladas, con el propósito de prevenir la expansión y deterioro de las áreas falladas.

Su principal propósito es evitar el ingreso de agua superficial o algún otro material que pueda contaminar o dañar la capa de base, así como, deteriorar la carpeta asfáltica y disminuir la vida útil del pavimento.

**4. Colocación de capas asfálticas de refuerzo.** Se realiza mediante la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica sobre un pavimento existente.

Este se ejecutará cuando se visualice que la superficie del pavimento se este deteriorando, se presente un ahuellamiento, rugosidad, etc.

Su propósito principal es de reforzar la estructura de la carpeta de rodadura, prolongar la vida útil del pavimento y proveer una superficie lisa y segura para el tráfico.

**5. Reconstrucción de hombros no pavimentados.** Consiste en la reconfiguración de hombros no pavimentados con un ancho mayor a 3 metros, mediante la utilización de motoniveladora y con la adición de material en cantidades pequeñas, en carreteras no pavimentadas. En carreteras pavimentadas según el ancho que permita el hombro.

Se realiza cuando se notan baches, depresiones, y otros peligros para los usuarios de la carretera. Se realiza básicamente para restaurar el perfil de los hombros.

**6. Estabilización de bases y sub-bases.** Consiste en la mezcla de material de base granular o triturada con un material asfáltico, cemento o producto químico estabilizante.

Se realiza para mejorar las condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, y para transferir de manera adecuada las cargas del tráfico hacia la capa de sub-base.

**7. Reconstrucción de bases y sub-bases.** La reconstrucción de una base y sub-base se realiza para restituir los niveles de diseño y mejorar la capacidad estructural original del pavimento de una carretera.

Se realizará cuando y en las regiones donde las condiciones de falla lo requieran y se haya diseñado el refuerzo y reconstrucción.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Este trabajo es un instrumento útil y práctico para la consulta, información e introducción a un buen proceso técnico profesional de la pavimentación por medio de concreto asfáltico para las personas interesadas en ello.
2. La visualización del proceso constructivo de pavimento utilizando concreto asfáltico y la información técnica, son una herramienta útil para una adecuada planificación, ya sea de construcción, rehabilitación o mejoras de carreteras con concreto asfáltico.
3. La información técnica junto con la visualización de un buen proceso constructivo del concreto asfáltico forman un instructivo o guía de enseñanza para estudiantes en formación.
4. Este documento permitirá a los legos y personas relacionadas (comunidades, alcaldes, ONG'S, autoridades, etc.), con la importante necesidad de un desarrollo socio-económico, según el acceso de bienes y servicios por medio de vías de comunicación, informarse sobre la factibilidad de la construcción y/o rehabilitación de una carretera con concreto asfáltico.
5. El cumplimiento de las especificaciones técnicas para la construcción de carreteras usando concreto asfáltico, permitirá la durabilidad y una larga vida útil al pavimento. Redundando todo esto en la disminución de costos por mantenimiento.
6. Se recomienda poner atención en la utilización específica de cada maquinaria, equipo de chequeo, medición y cálculo, para llevar a cabo proyectos de construcción de carreteras con mayor eficiencia y menores costos.
7. Una carretera pavimentada es fuente de desarrollo para las comunidades, especialmente las comunidades rurales.
8. Se recomienda el desarrollo de programas de mantenimiento preventivo de carreteras, para lograr un recorte en los presupuestos de reconstrucción.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Estandard Especificacions for Transportation Materials and Methods of sampling and Testing.* 1998. American Association of State Highway and Transportation Officials. U.S.A.
- Avitia , Rodolfo C. 1971. *Pavimentos de Concreto* .México, Instituto Mexicano del Cemento. 186 págs.
- Guatemala. 1975. Dirección General de Caminos de Guatemala. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala. Ministerio de comunicaciones y obras públicas.
- Guatemala. 2001. Dirección General de Caminos de Guatemala. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala. Ministerio de comunicaciones y obras públicas.
- Gutiérrez, Jorge. 2000. *Doble Tratamiento Asfáltico Superficial Una Alternativa Eficiente y Económica para las carreteras de Guatemala*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 100 págs.
- Guzmán, Julio. 1999. *Proceso de Balastado de Caminos Rurales y su Aplicación*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 64 págs.
- El Asfalto en el Mantenimiento de los Pavimentos. Manual No. 16 (MS-16)*. 1977. Instituto del asfalto. USA. 157 págs.
- Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Manual No. 22 (MS-22)*. 1992. Instituto del asfalto. U.S.A. 275 págs.
- Merrit, Frederick; K. Loftin y J. Ricketts. 2001. *Manual del Ingeniero Civil*. México, Editorial McGraw-Hill. 3ª. ed. Tomo I y II.
- Rodríguez, A.; H. Castillo. 1989. *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. México. Editorial limusa. 5ª. ed. 230 págs.
- Rodríguez, Gustavo. 1981. *Estudios de los efectos causados por la capilaridad de bases y sub-bases en carreteras y métodos para contrarrestarla*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 62 págs.
- Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Alcantarillas y Puentes*. 1974. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Guatemala. 560 págs.
- Manual Centroamericano de Especificaciones Para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales*. 2000. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Guatemala.

*Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras. 2000. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. Guatemala. Tomo I, II y III.*



Imprenta "GORA"

25 Av. 25-71, Zona 5

Telefax: 2335-5733 - 5218-7292