

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**BASES TEORICAS PARA MEJORAMIENTO DE VIAS INTERNAS PARA LOCAL  
EDUCATIVO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2018**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE BACHILLER**

**AUTOR:  
JULIO GONZALO CRUZADO JERÓNIMO**

**TRUJILLO – PERÚ  
2018**



**HOJA DE FIRMAS**

---

**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**



**INDICE**

<b>Caratula</b>	
<b>Hoja de firmas .....</b>	<b>1</b>
<b>Índice de contenido: .....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen / Palabras claves: .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstrac / Key words: .....</b>	<b>4</b>
<b>Introducción: .....</b>	<b>5</b>
<b>Delimitación del problema que motiva las bases teóricas: .....</b>	<b>5</b>
<b>Justificación del tema: .....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivo: .....</b>	<b>6</b>
<b>Procedimientos metodológicos seguidos: .....</b>	<b>6</b>
<b>Resultados respecto a los antecedentes: .....</b>	<b>7</b>
<b>Conclusión: .....</b>	<b>32</b>
<b>Referencias bibliográficas: .....</b>	<b>33</b>
<b>Anexo 1: Matriz de Datos .....</b>	<b>34</b>
<b>Anexo 2: Especificaciones Técnicas .....</b>	<b>35</b>

## RESUMEN

La presente investigación describe, primeramente, la realidad problemática de las vías internas del local educativo (Universidad Nacional de Trujillo) en la región de la Libertad, específicamente las vías internas de la Ciudad Universitaria, en donde se ha desarrollado la investigación, de él se describen las características de la vía antes de los trabajos de conservación y una descripción de los esperado posterior a la ejecución de los trabajos de mantenimiento de las vías internas. Y como parte del análisis del material revisado, se presenta en general, definiciones, clasificaciones, procesos de fabricación, y métodos teóricos que nos permiten plantear una solución a la problemática planteada.

La inversión para la rehabilitación de la infraestructura vial de las vías dentro de la ciudad universitaria, a efectos del desgaste de la infraestructura vial, es imprescindible; por lo cual es importante proteger y preservar el patrimonio vial del área urbana de la ciudad, cuyas redes viales se han extendido ampliamente y requieren una acción efectiva y económica para mantenerlos en condiciones satisfactorias.

El concepto de rehabilitación de las vías, se refiere al mejoramiento de la carpeta de rodadura deteriorada, para rehabilitar el servicio de transitabilidad. En este sentido la condición y comportamiento de un pavimento depende del tipo, calidad y oportunidad de rehabilitación que recibe. Por otro lado, la rehabilitación de la infraestructura, se refiere al conjunto de procesos y acciones necesarias para rehabilitar la integridad de la infraestructura vial a niveles aceptables, sin involucrar mayores cambios en su estructura.

### **Palabra Clave:**

Bases teóricas, tratamiento, slurry seal, pavimentos, carreteras



## ABSTRAC

The present investigation describes, in the first place, the problematic reality of the internal routes of the University of Trujillo in the region of La Libertad, the internal routes of the University City, where the research has been developed, of it the characteristics of the way before the conservation works and a description of the expected after the execution of the maintenance works of the internal roads. How is the analysis part of the material reviewed, it is presented in general, definitions, classifications, manufacturing processes, and theoretical methods that allow us to propose a solution to the problem posed.

The investment for the rehabilitation of the road infrastructure of the roads within the university city, for the purpose of the erosion of the road infrastructure, is essential; therefore, it is important to protect and preserve the road heritage of the urban area of the city, whose road networks have expanded widely and require effective and economic action to maintain them in satisfactory conditions.

The concept of rehabilitation of the roads, refers to the improvement of the deteriorated raceway, to rehabilitate the service of passability. In this sense, the condition and behavior of a pavement depends on the type, quality and rehabilitation opportunity it receives. On the other hand, the rehabilitation of infrastructure refers to the set of processes and actions necessary to rehabilitate the integrity of the road infrastructure to acceptable levels, without involving major changes in its structure..

**Keyword:**

Theoretical Bases, treatment, slurry seal, pavements, roads.

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país existe una gran cantidad de pavimentos urbanos que necesitan ser mantenidos y rehabilitados, especialmente en nuestra Región después del fenómeno del Niño Costero el 2017. El uso de métodos tradicionales de rehabilitación de vías, originan en algunos casos sobrecostos y un manejo no racionalizado de los recursos existentes (Uso de los materiales existentes en la zona), al no ser estos reaprovechados de manera adecuada y siendo sustituidos por otros tipos de materiales que requieren en muchos casos, estos materiales demandan de costo y tiempo.

El presente trabajo de investigación evaluará las bases teóricas para trabajos de tratamientos y mejoramientos de vías urbanas. Todas las mezclas asfálticas en frío, que emplean como ligante una emulsión asfáltica, tienen poca utilización, porque en la mayoría de los casos se prefieren las mezclas en caliente y lo que su implementación involucra. Sin embargo, la mezcla asfáltica en frío permite utilizar una gran variedad de materiales granulares de diferentes canteras y tipos de emulsiones asfálticas, que al combinarlos son aplicables en la reparación de pavimentos deteriorados, en la capa de rodadura o para la construcción de una nueva calzada, seleccionando la que más se adapte a las características del proyecto.

### 1.1. **Delimitación del problema que motiva las bases teóricas.**

Revisar la base teóricas para determinar el diseño del pavimento de las vías internas de la Universidad Nacional de Trujillo; resulta siendo fundamental para determinar el tipo de diseño que corresponde para esta vía, considerando los materiales propios de la zona y considerando un desempeño óptimo de esta vía, en el tiempo. Por lo mismo se debe establecer las bases teóricas ya que en la actualidad se observan muchos proyectos que a causas de un deficiente estudio de mecánica de suelos y asfalto es que estos proyectos presentan un deterioro prematuro. Lo que se busca es hacer que el mantenimiento y conservación sea económicamente viable.

Por lo mismo surge una pregunta ¿Cuáles son las bases teóricas para el mantenimiento y rehabilitación de las vías internas de la Universidad Nacional de Trujillo, Región La Libertad?

## 1.2. Justificación del Tema

Desde el punto de vista de la relevancia social, el presente trabajo contribuirá a la búsqueda de soluciones más durables y económicas para pavimentación de vías internas utilizando soluciones alternativas como es el mejoramiento mediante uso de emulsión asfáltica y pavimentos en frío.

Desde el punto de su aporte metodológico, el presente trabajo servirá de guía para próximos trabajos similares de diseño de soluciones de mejoramiento de vías.

## 1.3. Objetivo

El objetivo principal de la presente investigación es establecer las bases teóricas para el mejoramiento y rehabilitación de las vías internas de la Universidad Nacional de Trujillo. Para tal fin, se deben considerar lo siguiente:

- Explicar el contenido de las referencias de las fuentes de información de las publicaciones del desarrollo de tesis anteriores que abordaron el tema en referencia, específicamente sobre pavimentos flexibles, mezclas asfálticas en caliente y en frío con emulsión asfálticas catiónica de rotura lenta.
- Asimismo, se deben describir las guías y normas referidas al desarrollo de las presentes bases teóricas. Que sustente el mismo argumento, por los mismos métodos usados en su contenido.

## 1.4. Procedimientos metodológicos seguidos

### (i) Técnica de recolección de información.

La técnica de recolección de información de datos es la revisión y análisis del contenido de información para el mejoramiento de vías internas referidas a tratamiento con emulsión asfáltica, basada en diversas bibliografías, normas vigentes y la información difundida por varios autores, especialistas en el tema.

**(ii) Instrumento.**

El instrumento de recolección de datos es la matriz de datos que se encuentra como anexo al presente trabajo, donde se consigna la información obtenida de la revisión de las publicaciones referidas al tema. Una de las fuentes de información, son todas las tesis públicas y publicaciones referidas al mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. El manual para el mantenimiento y conservación de carreteras del ministerio de transportes de comunicaciones 2016 también es considerada como guía de estudio. Las normas internacionales como la ASSHTO y ASTM quienes son las instituciones de estandarizar cada procedimiento y práctica en tratamiento de base estabilizada. Son fundamentales su aporte para el logro de ensayos de calidad; Entre otras y algunas definiciones ya establecidas en el manual del diseño geométrico de carreteras EG 2018. Todas estas fuentes de que nos dotan de información abundante nos sirven dentro del aporte a este trabajo como fundamento de las bases teóricas para el tratamiento y rehabilitación de vías urbanas internas.

**II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES.**

Cuerpo del trabajo de investigación o desarrollo del contenido, ordenado por temas, enfoque epistemológico, resultado valioso, discusión del investigador. En la mayoría de los trabajos de obras viales, todos los materiales de calidad no están disponibles para la construcción de caminos, por lo que es recurrente el uso de materiales de aporte o préstamo, más los costos de transporte y su misma explotación son muy elevados, por lo que se optan positivamente y bajo la necesidad, al desarrollo de técnicas de estabilización para poder utilizar los recursos más cercanos posibles y utilizar los recursos in situ. En muchas ocasiones, los resultados requeridos pueden obtenerse de materiales locales, a través de la incorporación de aditivos a un costo relativamente bajo. Sin embargo y como lo describen muchos: Existe una percepción errónea en relación al objetivo de los estabilizadores, su comportamiento y aún más importante, cuando se debieran considerar o descartar el uso de los distintos agentes estabilizadores, razón por la cual la presente investigación realizará



propuestas de aplicación de productos para la utilización en el mejoramiento de las vías internas de la Universidad Nacional de Trujillo.

En el Perú, según De la Cruz (2010), en su tesis "Diseño y Evaluación de un Afirmado Estabilizado con Emulsión Asfáltica, Aplicación: Carretera Cañete - Chupaca", nos indica:

- La ventaja de la utilización de la emulsión considera la no necesidad del calentamiento de esta. La presencia de humedad y la baja viscosidad del ligante. permiten que los agregados tengan un buen recubrimiento a temperatura ambiente.
- El uso de mezclas asfálticas en frío no requiere el uso de equipos sofisticados, por lo cual, su uso es apropiado en zonas remotas y con no tan altos recursos económicos.
- Dado que en suelos no cohesivos la emulsión les brinda cohesión y se busca el incremento de su resistencia y en suelos finos cohesivos se busca que la emulsión le añada estabilización ante la presencia del agua y presente buena resistencia. Para la obtención del óptimo contenido de emulsión asfáltica se usa el Ensayo del CBR o el Método Marshall Modificado.
- Manejar o diseñar los ensayos realizados para diferentes proyectos de obras viales. Se deben considerar las condiciones climáticas propias de la zona – Temperatura ambiente.

En Ecuador, según la Universidad Técnica Manabí. (2011) Tema: "Mejoramiento de Materiales Granulares con Emulsiones Asfálticas para Bases de Pavimentos en las Vías de Tercer Orden o de Penetración de la Provincia De Manabí"

- La composición óptima para el mejoramiento de materiales granulares con emulsión asfáltica es variable dependiendo de la granulometría del material y de la plasticidad de estos.
- Materiales de granulometría comprendida entre menos de 4" y 3/8" con un 28% de material menor a esta característica + 8.5% de emulsión asfáltica= 850 libras de estabilidad.

- Materiales de granulometría comprendida entre menos de 2 1/2" y 3/8" con un 52% de material menor a esta característica + 8% de emulsión asfáltica= 720 libras de estabilidad.
- Materiales de granulometría comprendida entre menos de 4" y 3/8" con un 48% de material menor a esta característica + 7.8% de emulsión asfáltica= 830 libras de estabilidad La emulsión asfáltica empleada para el mejoramiento de los materiales granulares está compuesta por un 65% de Asfalto AC 20; un 34.30% de agua y un 0.70% de emulsión.
- *La granulometría y la humedad optima, son resultados importantes a considerar para el diseño del pavimento, ya junto al CBR te determina la estabilidad del material con emulsión asfáltica. De ahí la consideración de los materiales granulares con cierta competencia para los trabajos de tratamiento de base estabilizada.*

En México, según Rogelio Rodríguez Talavera, Víctor Manuel Castaño y Miguel Martínez Madrid (2016); presentada por el Ministerio Mexicano de Transporte bajo el tema Emulsiones Asfáltica Donde resalta, lo siguiente:

- La aplicación de la tecnología de las emulsiones asfálticas es de mucha importancia ya que constituyen un avance tecnológico en el proceso de asfaltado de carreteras.
- Las emulsiones tienen un sin número de ventajas sobre el asfalto caliente o el rebajado, por lo que es importante extender el empleo de este tipo de tecnología a la magnitud de su red carretera del país.
- La utilización de esta tecnología no únicamente proporciona un ahorro en el proceso de asfaltado de las carreteras, sino que también mejora la adhesión del asfalto con el material granular, con un consecuente incremento en el tiempo de vida de la carpeta asfáltica y una mayor seguridad para el usuario de estas.
- Hay que considerar que la utilización de esta tecnología del tratamiento de base estabilizada no únicamente proporciona un ahorro en el proceso de asfaltado de las carreteras, sino que también mejora la adhesión del asfalto con el material granular. Con lo mismo se garantiza su conservación en el tiempo y con lo mismo se evita el deterioro prematuro de las vías por el pase frecuente de vehículos.

En Costa Rica Congreso CIC - 2010; realizada en San José de Costa Rica en octubre 2010 bajo la autoría de Mgtr. Ing. Wilder Rodríguez Mogollón cuyo tema fue "Pavimentos Económicos Sobre Vías Afirmadas" en la indican lo:

- El uso de materiales granulares es una solución asegurar la trancitabilidad de las vías de tercer orden o rurales.
- El empleo de materiales granulares constituye una solución económica para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.
- Las obras de drenaje superficial como de drenaje subterráneo deben realizarse para asegurar la duración de la vía.
  
- Considerando que la vía en mención es de tercer orden es importante añadir que: El uso de materiales granulares es una solución asegurar la trancitabilidad de las vías de tercer orden o rurales. Las cuales tienen en ocasiones pocos trabajos de mantenimiento preventivo o rutinario para su conservación, por tanto, debería ser imprescindible el uso de materiales granulares como parte del aporte en su construcción.

En Perú, según Juan Carlos Vera (2015) en su tema: " Mejoramiento con emulsiones asfálticas de base granular, para pavimentos en la región Lambayeque

- Se determinó el porcentaje tentativo de emulsión, calculada de forma teórica, teniendo en cuenta la granulometría de cada material granular, obteniendo los siguientes resultados 6.44 % de la cantera Tres Tomas, 6.16 % de la cantera El Cinco, 5.92 % de la cantera San Luis (60%) + Cachinche (40%), partiendo del porcentaje de humedad obtenida en el ensayo Proctor Modificado y tomando en cuenta la cantidad de agua que posee la emulsión.
- Se elaboraron seis briquetas para cada porcentaje de Emulsión Asfáltica (5%, 6%, 7%), de las cuales la mitad se utilizó para la estabilidad seca y las otras tres para estabilidad saturada de las canteras Tres Tomas, El Cinco, San Luis (60%) + Cachinche (40%), donde los materiales estabilizados de cada cantera superaron los valores mínimos de diseño de 1800 libras/min. conforme a requerimiento de las normas técnicas.
- Utilizando la mezcla de emulsión asfáltica (Catiónica de Rotura Lenta CSS - 1H) y el material granular de cada cantera se cumplió con los valores mínimos

establecidos en el manual básico de emulsión asfálticas. Los mismo que establecen esta dentro del rango establecido por la misma.

- La importancia de una adecuada emulsión y el mismo uso de un adecuado material granular, al momento de su mezcla logran la efectividad en la estabilidad de material. Por tanto, el optimo desempeño de la vía y garantizar a través de ello la transitabilidad de los vehículos y la seguridad de los usuarios en el tiempo.

## 2.1. Términos Básicos,

Según Miranda(2010) en vías tenemos los siguientes definiciones

**Asfalto:** Es un material aglomerante de color oscuro, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, originarios del petróleo crudo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre, denominados Asfaltos Naturales, o por medio de procesos de destilación industrial cuyo componente predominante es el Bitumen.

**Auscultación:** La auscultación de pavimentos es aplicable a una red de carreteras a cargo de una Dependencia, para que a través de un sistema de gestión se determinen las inversiones requeridas para conservarla en buen estado de operación, se definan las prioridades de atención y se realice la programación de los trabajos por ejecutar. La auscultación se realiza con equipos de tecnología reciente de alto rendimiento (que funciona a velocidades de operación) para obtener diversa información sobre las condiciones de servicio y estructurales de los pavimentos.

**Condición de pavimento:** Con el concurrido uso de los pavimentos, estos presentan una condición que es relevada por los daños que sufre, a través de los cuales se indagan las causas que los han producido y al igual, se da una evaluación de su estado, para esta evaluación existen diferentes tipos de metodologías usadas para catalogar estos daños y realizar un diagnóstico de la investigación de los pavimentos

**Conservación:** Preservar una cosa en buen estado o en una situación óptima para evitar su degradación.

**Evaluación del pavimento:** La evaluación de un pavimento se aplica a un tramo específico de una carretera y tiene como objetivo determinar las condiciones de servicio, de capacidad estructural y de calidad de materiales, mediante equipo especializado y diversos procedimientos, a fin de determinar su estado de servicio o de funcionamiento.

**Mantenimiento:** Acción de mantener a una persona (proporcionarle el alimento o lo necesario para vivir).

**Mejoramiento Superficial:** Esta acción de conservación se aplica cuando el pavimento presenta fallas de tipo funcional. Es decir, cuando los deterioros que presente el pavimento sólo afectan a la capa de rodadura y se requiere efectuar algún trabajo superficial para corregir las fallas observadas y mejorar las características de funcionalidad de la carretera. En este caso, tradicionalmente se ha aplicado una auscultación y un estudio del pavimento con ciertos tipos de trabajo, que permitan definir las acciones por ejecutar mediante la formulación de un dictamen técnico y un análisis de costos.

**Reconstrucción:** Reparación o nueva construcción de una cosa destruida, deteriorada o dañada.

**Rehabilitación:** Conjunto de técnicas y métodos que sirven para recuperar una función.

**Rehabilitación del pavimento:** Como su nombre lo indica es un mecanismo mediante el cual la estructura del pavimento flexible o rígido, es llevada por medio de un proceso a su estado original o por lo menos ese es el propósito de este. Existen dos formas de rehabilitar un pavimento y es reciclándolo ósea, reutilizando las mismas partículas que ya fueron utilizadas desde su creación y la otra forma es haciendo una escarificación, reconformación, compactación e imprimación; Estos dos métodos son muy parecidos, pero con diferentes teorías, pero llevan al mismo punto.

**Abrasión** Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

**Afirmado** Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

**Análisis granulométrico o mecánico.** Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

**CBR (California Bearing Ratio).** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

**CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO.** Es el contenido de humedad al cual un suelo o material granular al ser compactado utilizando un esfuerzo especificado proporciona una máxima densidad seca. El esfuerzo puede ser estándar o modificado.

**Cantera.** Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

**Límite líquido.** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el Líquido de un suelo.

**Límite plástico.** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el Semi-sólido.

**MATERIALES GRANULARES.** Los materiales granulares son fragmentos de roca producidos por acciones erosivas. Su tamaño y forma depende de: la calidad de la roca madre de donde se originaron, del grado de meteorización, y del desgaste que haya sufrido durante el transporte por lo general estos depósitos son de tipo aluvial.

## 2.2. Clasificación de las carreteras en nuestro país

### 2.2.1. Clasificación por la demanda

#### a) Autopistas de primera clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### b) Autopista de segunda clase

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m

hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada las mismas que exige el reglamento nacional de carreteras.

**c) Carretera de tercera clase**

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

**d) Trocha carrozable**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

**2.2.2. Clasificación por la orografía**

**a) Terreno plano (tipo 1)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo.

**b) Terreno ondulado (tipo 2)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un

moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

**c) Terreno accidentado (tipo 3)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

**d) Terreno escarpado (tipo 4)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.

**2.2.3. Sistema nacional de carreteras**

- a) Red vial nacional
- b) Red vial departamental
- c) Red vial Provincial

**2.3. Pavimentos**

El pavimento puede definirse de como: "La estructura que aporta una superficie adecuada para operar un vehículo a una velocidad determinada en forma cómoda y segura en cualquier circunstancia" (*Yang, 1972*); o bien, puede definirse como una estructura conformada por capas de espesores y características específica que se apoya sobre el terreno de fundación y que cumple la función principal de soportar las cargas impuestas por el tráfico, brindando seguridad y confort a los usuarios en el periodo concebido de diseño.

El pavimento está constituido por un conjunto de capas de materiales de mejoramiento, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales adecuados y compactados. Las principales funciones que debe cumplir un pavimento son: "proporcionar una superficie de



rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito” (*Rico A y Del Castillo – 1999, Pag 99*)

El diseño del pavimento consiste en establecer una estructura para una duración determinada bajo las sollicitaciones del tránsito y el medio ambiente. Estas producirán fatiga hasta llevarla a la falla. Para el diseño se debe seguir un procedimiento o método donde intervienen de forma explícita o implícita varios elementos.

La mayoría de las teorías existentes para el diseño de pavimentos provienen de los Estados Unidos de América, así como del continente europeo, pero ninguno de ellos garantiza el éxito de la aplicación en el territorio nacional, por lo que se tiene que acondicionar con experimentos y tramos de prueba.

También, debe ser resistente al desgaste debido a la abrasión producida por las llantas y tener buenas condiciones de drenaje. En cuanto a la seguridad vial debe presentar una textura apropiada de acuerdo a la velocidad de circulación de los vehículos para mejorar la fricción, debe tener un color adecuado de tal manera que se eviten los reflejos y deslumbramientos. Con el fin de brindar comodidad a los usuarios, debe procurar tener regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal. Como toda obra de infraestructura los factores de costo y de vida útil son importantes por lo que el pavimento debe ser durable y económico en el tiempo.

Los tipos de pavimentos que son aplicados generalmente en el país, se los puede clasificar de la siguiente manera:

a) **Pavimentos Flexibles**

Este tipo de pavimentos está constituido por una capa de rodadura formada por material bituminoso o asfáltico, apoyado en la mayoría de los casos sobre dos capas de materiales no rígidos conocidos como base y subbase, sin ser obligatoria la presencia de una de estas capas, justificándose la presencia de las mismas por características de los materiales que constituyen el pavimento.

Este pavimento se caracteriza por que estas están conformadas en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se

apoya o utilizan como colchón y están sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrogante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas los cuales determinan el precio final de la obra o proyecto.

Las características fundamentales que debe cumplir un pavimento flexible son (*Rico, A y Del Castillo – 1999, Pag 102-106*)

- **Resistencia estructural:** el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas debidas al tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto. La causa de falla en este tipo de pavimentos con mayor aceptación es los esfuerzos cortantes. Sin embargo, también se producen esfuerzos adicionales por la aceleración y frenado de los vehículos así como esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura al deformarse esta verticalmente debido a la carga que soporta. Estas afectan a largo plazo la resistencia de las capas de relativa rigidez, que en los pavimentos flexibles serian sobre todo las carpetas y bases estabilizadas, donde podrían ocurrir fenómenos de fatiga. Además, la repetición de cargas puede causar la rotura de los granos del material granular modificando la resistencia de estas capas.
- **Deformabilidad:** el nivel de deformación del pavimento se debe controlar debido a que es una de las principales causas de falla en la estructura y si la deformación es permanentemente, el pavimento deja de cumplir las funciones para las cuales fue construido. Se presentan dos clases de deformaciones en una vía: elásticas (recuperación instantánea) y plásticas (permanentes).
- **Durabilidad:** una carretera que tenga un ciclo de vida prolongado en condiciones aceptables no solo evita la necesidad de construcción nueva, sino también la molestia de los usuarios de las vías al interrumpir el tránsito.
- **Costo:** se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vías.
- **Comodidad:** una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios al momento de su uso.

### **b) Pavimentos Semirrígidos o Semi-flexibles**

Estos pavimentos tienen la misma estructura de los pavimentos asfálticos, con la diferencia que las capas que los conforman se encuentran rigidizadas de manera artificial, mediante la presencia de aditivos que en su mayoría de casos puede ser: asfalto, emulsiónasfáltica, cementos, cal, enzimas y químicos.

El uso de estos aditivos se justifica al corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales o cercanos a la obra, que no son aptos directamente para su uso como capas, que conforman la estructura del pavimento, teniendo en cuenta que los materiales más indicados con mejor calidad pueden encontrarse a grandes distancias, que encarecerían notablemente los costos de construcción.

### **c) Pavimentos Rígidos**

Son los que están constituidos principalmente por una losa de concreto y apoyados sobre materiales seleccionados o en otros casos sobre la subrogante. Debido a la alta rigidez que presenta el hormigón, así como el elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se realiza sobre una amplia zona.

El hormigón también es capaz de resistir, en cierto nivel, los esfuerzos a tensión, por esta propiedad tiene un comportamiento muy aceptable cuando existan zonas débiles en la subrogante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de las resistencias de las losas, por lo tanto, la capacidad que ejercen las otras capas de pavimento tienen menor influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Otra diferencia importante es la existencia de juntas en los pavimentos rígidos, las que no se presentan en los flexibles. Es así como la teoría de análisis que se utiliza para la primera clase de pavimento es la teoría de placa o plancha en lugar de la teoría de capas utilizada para los caminos asfaltados

La resistencia del concreto utilizada usualmente es alta, entre 200 y 400 kg/cm<sup>2</sup>. Por su parte las losas pueden ser de concreto simple, reforzado o pre esforzado

De manera distinta otro autor define a los pavimentos rígidos de la siguiente manera (Huang, Y. 2004 – Pag 14 -17)

- Pavimento articulado de concreto simple o Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP): es la solución más económica, con juntas espaciadas de manera cercana.
- Pavimento articulado de concreto reforzado o Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP): si bien el refuerzo no aumenta la capacidad portante de la estructura, si permite espaciar las juntas un poco más. Asimismo, análogamente a otra estructura de concreto reforzado como una viga, el acero puede mantener el concreto unido en caso se produzca una grieta o rotura.
- Pavimento continuo de concreto reforzado o Continuous Reinforced Concrete Pavement (CRCP): con esta clase se pueden eliminar las juntas transversales pero el espesor de la losa es igual al de los dos tipos antes mencionados (JPCP y JRCP).
- Pavimento de concreto pre esforzado o Prestressed Concrete Pavement (PCP): al ser aplicada una precompresión, los esfuerzos de tensión o tracción disminuyen cuando la estructura es sometida a cargas. Por lo tanto, la probabilidad de agrietamiento es menor y también se puede utilizar un menor número de juntas transversales. Sin embargo, no es una solución ni muy económica ni muy práctica si se tiene en cuenta el enorme trabajo que implica la etapa de construcción.

El manual considera principalmente soluciones estructurales con materiales tradicionales cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000; también forman parte las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante.

#### **2.3.1.1. ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS:**

Todos los pavimentos y de manera general está compuesto por una serie de capas y distribuida en el siguiente orden:

- Subrasante
- Subbase
- Base
- Superficie de rodadura

Estas definiciones están basadas en el Manual Centro Americano para Diseño de Pavimentos (*ITURBIDE, 2002*). Desde que se comenzaron a construir pavimentos flexibles se han ido elaborando teorías y desarrollando mejoras para el diseño y el análisis de estas estructuras. Algunos de estos avances son mencionados por *Huang (Huang, Y. 2004 Pag 14-17)*

#### **2.3.1.1.1. SUBRASANTE**

Capa de terreno de una vía que resiste la estructura del pavimento, ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Esta capa puede estar creada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes detalladas en los planos finales de diseño.

El grosor de pavimento está muy relacionado con la calidad de la subrasante, se busca que esta capa supere los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

El diseño de un pavimento de forma básica es el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

#### **2.3.1.2. SUB BASE GRANULAR**

Principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o subbase y base. Con la construcción de la subbase, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico. (*Kimiko Katherine Harumi Rengifo Arakaki . 2004*)

Es la capa de la estructura del pavimento que tiene por funciones: soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la subrasante. También la Subbase debe soportar las variaciones que pueden afectar al suelo, controla los cambios de elasticidad y volumen que pueden dañar el pavimento.

Esta capa se utiliza también como capa de drenaje y para el control de ascensión capilar de agua, cuidando la estructura de pavimento, por lo que ordinariamente se usan materiales granulares. La presencia de capilaridad en esta capa produce hinchamientos por acción del congelamiento del agua en temperaturas bajas, si no se dispone de una subrasante y Subbase adecuada se producirían fallas en el pavimento.

**Tabla 03. Requerimientos granulométricos**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 - 15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241

(1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m

**Tabla 02. Sub base Granular Requerimientos de Ensayos  
Especiales**

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Base granular	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 88	750 m <sup>3</sup>	Cantera
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m <sup>3</sup>	Cantera
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m <sup>3</sup>	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Sales solubles	MTC E 219	-	-	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821	-	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Partículas chatas y alargadas	-	D 4791	-	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Pérdida en sulfato de sodio / magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Densidad – humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m <sup>3</sup>	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 1556	T 191	250 m <sup>2</sup>	Pista
MTC E 124		D 2922	T 238			

### 2.3.1.3. BASE

Conformada por la estructura del pavimento ubicada entre la sub base y la capa de rodadura que tiene como funciones principales: la distribución y la transmisión de las cargas generadas por el tránsito, a capas inferiores del pavimento como: la Sub- base y a través de esta

a la sub-rasante, y es la capa que sirve de soporte a la capa de rodadura. Estas bases se pueden también clasificar en las siguientes:

- Base granular
- Base Estabilizada

- **BASE GRANULAR**

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural.

Los materiales que forman esta capa deben de ser clasificados para formar de una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependiera de la graduación de las partículas a utilizarse en el diseño, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, todas estas propiedades dependerán de la relación entre la cantidad de finos y de agregado grueso.

- **BASE ESTABILIZADA**

Esta capa conforma la estructura del pavimento ubicada entre la Subbase y la capa o superficie de rodadura, esta capa está constituida por piedra triturada de buena calidad, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, esta mezcla se combina con materiales o diferentes productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de Subbase.

Los materiales estabilizadores más utilizados son: asfalto, enzimas, emulsiones asfálticas, cemento y cal.

#### **2.3.1.4. SUPERFICIE DE RODADURA:**

Capa que conforma la estructura del pavimento más externa (Expuesta a la superficie), se coloca por encima la base. La función

principal de esta capa, es proteger la estructura del pavimento, impermeabilizando la superficie, para el ingreso del agua lluvia por filtración que puede saturar las capas inferiores.

La capa de rodadura evita el deterioro de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos (Base, Sub Base).

La superficie de rodadura incrementa la capacidad soporte del pavimento, por que absorbe cargas, este aumento es apreciable para espesores mayores a 4 centímetros, en el caso de riegos superficiales se considera el aumento nulo.

Esta superficie de rodadura de los pavimentos flexibles se divide, según se muestra en la siguiente figura:

#### TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

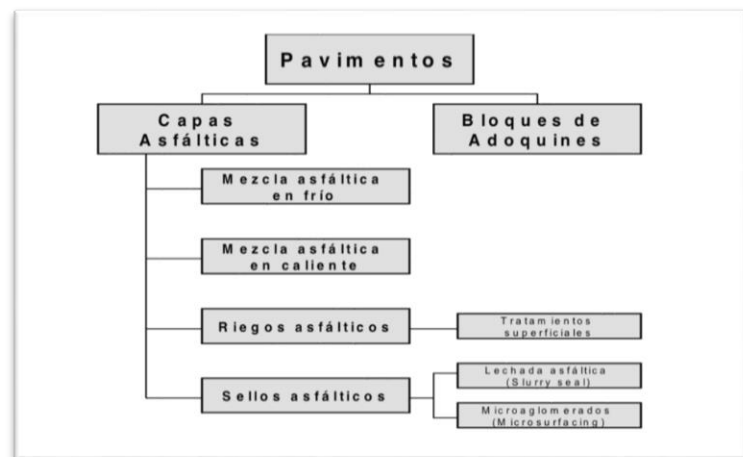


Gráfico n° 02: FUENTE: MANUAL CENTROAMERICANO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS – 2011

#### 2.3.2. EMULSIONES ASFALTICAS

Esta parte de la investigación toma y desarrolla los conceptos de: Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos y al Manual Básico de Emulsiones MS 19 (ASPHALT INSTITUTE; AEMA, 2001). De los mismo extraen ensayos los cuales se plasman en la presente.



### 2.3.2.1. LA EMULSION ASFÁLTICA

“Podemos definir una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa). Esto puede apreciarse en la Figura 4, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión”. (*Instituto mexicano de Transporte 2001*)

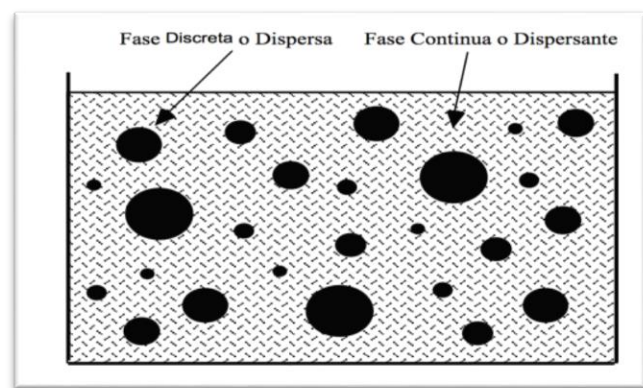


Grafico nº 03: Diagrama esquemático de una Emulsión

Desde el punto de vista físico - químicos, de una manera muy general una emulsión es una dispersión de un líquido en otro este último debe ser inmisible. Por lo dicho anteriormente una emulsión asfáltica es una dispersión de macropartículas de cemento asfáltico en una matriz acuosa estabilizada.

Existen dos tipos de emulsiones según la fase dispersa y dispersante, de la siguiente manera:

### 2.3.2.2. ESTRUCTURA QUÍMICA

Por el tipo de emulsificante las emulsiones se clasifican en tres grupos:

- Aniónica
- Catiónica
- No Aniónica

En la construcción y mantenimiento vial se utilizan las dos primeras, la ultima puede ser utilizada a futuro.

Las clases Aniónica y Catiónica se refieren a las cargas eléctricas que rodean las partículas de asfalto.

La identificación se deriva del sistema de leyes básicas de electricidad - cargas, cargas de igual signo se repelen y de diferente signo se atraen. Cuando se carga dos polos cátodo y ánodo (positivo y negativo), se sumergen en un liquido a través del cual se pasa una corriente eléctrica, el ánodo se carga de forma positiva y el cátodo de forma negativa. Si se pasa una corriente a través de la emulsión que contiene partículas de asfalto negativamente cargadas estas migran al ánodo. La emulsión en este caso se llama Aniónica. En caso inverso serán emulsiones cationicas. Las emulsiones no iónicas tienen partículas de asfalto neutras y no migran a ningún polo.

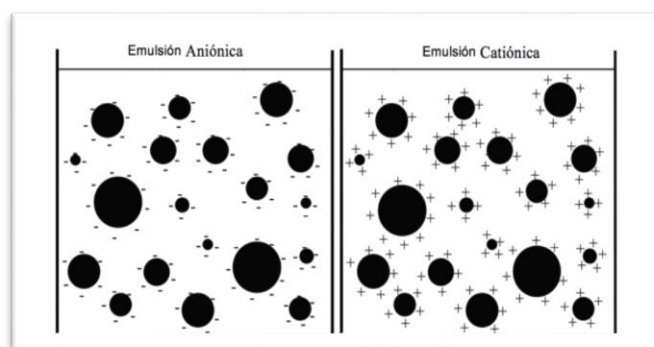


Gráfico nº 04: Esquema de una emulsión aniónica y de una cationica.

Las emulsiones pueden clasificarse según la velocidad de rotura, que es la velocidad que la emulsión vuelve a ser cemento asfáltico.

Por facilidad se utilizan letras de la velocidad en idioma ingles, los términos que significan Rotura rápida RS (Rapid Setting), Rotura Media MS (Medium Setting) y Rotura lenta SS (Slow Setting).

La rotura es una propiedad propia de cada emulsión que puede facilitar el mezclado. Una emulsión RS tiene mínima o carece de habilidad para mezclarse con un agregado, una emulsión MS

se espera que se mezcle con agregados gruesos, pero no finos y una emulsión SS permite la mezcla con agregados finos.

Las emulsiones se sub dividen adicionalmente mediante la incorporación de números que indican la viscosidad y la dureza de los cementos asfálticos utilizados como bases. Se incorpora la letra "C" anterior al tipo de emulsión que significa que esta emulsión es Catiónica, la ausencia significa que es aniónica o no iónica.

La norma ASTM adiciona tres grados de emulsión aniónica de alta flotación y rotura media, se denomina HFMS. Estos grados tienen su uso en mezclas en planta frías y calientes, riegos de sellado de agregados gruesos y mezclas en vía. Las emulsiones de alta flotación tienen una cualidad especial la formación de películas de cubrimiento más gruesas sin riesgos de escurrimiento. Para condiciones especiales se desarrolló un tipo de emulsión de rotura veloz QS (Quick Setting) para las lechadas asfálticas, el uso de estas va en crecimiento por dar solución a los problemas relacionados con el uso de lechadas.

Clasificación	Contenido de Asfalto (% en masa)	Tipo de Rompimiento	Polaridad
EAR-55	55	Rápido	Aniónica
EAR-60	60	Rápido	Aniónica
EAM-60	60	Medio	Aniónica
EAM-65	65	Medio	Aniónica
EAL-55	55	Lento	Aniónica
EAL-60	60	Lento	Aniónica
EAI-60	60	Para Impregnación	Aniónica
ECR-60	60	Rápido	Catiónica
ECR-65	65	Rápido	Catiónica
ECR-70	70	Rápido	Catiónica
ECM-65	65	Medio	Catiónica
ECL-65	65	Lento	Catiónica
ECI-60	60	Para Impregnación	Catiónica
ECS-60	60	Sobre-Estabilizada	Catiónica

**Tabla 04: Clasificación de las emulsiones asfálticas**

### 2.3.2.3. Pruebas de laboratorio y campo

Antes de ser utilizado, el asfalto debe ser sometido a una serie de pruebas que permiten determinar algunas propiedades que debe cumplir para un uso particular. Los

diferentes ensayos se agrupan en cinco categorías.  
(Universidad de los Andes, Versión 2 - 2005)

#### **2.3.2.4. Ensayos para medir consistencia**

La consistencia se define como el grado de fluidez que tiene un asfalto a una determinada temperatura. El asfalto es un material termoplástico, por lo que su consistencia varía en mayor o menor grado con la temperatura. Si se quiere realizar comparaciones entre ellos, es necesario medir su consistencia a una misma temperatura de condición de carga. Los ensayos más utilizados para medir la consistencia de los cementos asfálticos son los siguientes:

Viscosidad absoluta a 140 °F (60 °C) ASTM D-2171

Viscosidad cinemática a 275 °F (135 °C) ASTM D-2171

Viscosidad Saybolt Furo! ASTM E1 02-93(2003)

Penetración a 25 °C ASTM D-5

#### **2.3.2.5. Ensayos de durabilidad**

Los cementos asfálticos sufren un mayor o menor grado de envejecimiento cuando son mezclados con los agregados en una planta asfáltica en caliente. El envejecimiento continúa durante toda la vida del pavimento por la acción del medio ambiente y otros factores.

Los siguientes ensayos son utilizados para medir de manera más que menos aproximada el envejecimiento de un cemento asfáltico.

- Película delgada (TFO) ASTM D-1754
- Rolling Thin Film Oven (RTFO) o Película fina rotativa ASTM D-2872.

#### **2.3.2.6. Ensayos de pureza**

Los cementos asfálticos están constituidos por bitumen puro, el cual por definición es completamente soluble en disulfuro de carbono. Sólo un porcentaje muy pequeño de

impurezas está presente en el cemento asfáltico obtenido de refinería. Para determinar el grado de impureza del cemento asfáltico se utiliza el siguiente ensayo:

- ✓ Solubilidad ASTM D-2042

#### **2.3.2.7. Ensayo de seguridad**

Si el cemento asfáltico es calentado a temperaturas altas, se producen vapores que en presencia de alguna chispa se pueden incendiar. Por lo tanto, se hace necesario realizar los siguientes ensayos:

- ✓ Punto de inflamación o Flash Point.
- ✓ Método de la copa Cleveland. ASTM D-92

#### **2.3.2.8. Rotura y curado de una emulsión**

- **Rotura:**

Para que la emulsión asfáltica cumpla su objetivo final, esto es, actúe como ligante con propiedades cementantes e impermeabilizantes, el agua debe separarse de la fase asfáltica y evaporarse. Esta separación se denomina "rotura" (breaking). (ASPHALT INSTITUTE; AEMA, 2001).

Para tratamientos superficiales y sellos, se formulan las emulsiones para romper una vez entren en unión con una sustancia extraña tal como un agregado o la superficie de un pavimento. Los glóbulos de asfalto entran en coalescencia y producen una membrana continua de asfalto sobre el agregado o pavimento. Para mezclas densas, se requiere más tiempo para admitir el mezclado y fraguado. En resultado, las emulsiones utilizadas para mezclas se sugieren para rotura retardada. La coalescencia del asfalto se conoce como rotura o fraguado. La velocidad a la cual los glóbulos de asfalto se separan de la fase acuosa se identifica como tiempo de rotura o fraguado. Por ejemplo, una emulsión de rotura rápida romperá entre uno a cinco minutos después de ser aplicada,

mientras que una emulsión de rotura media o lenta puede tomar un tiempo mayor.

La velocidad de rotura depende de factores como: el tipo específico y concentración del agente emulsificante empleado en la emulsión, así como por las condiciones atmosféricas. La tasa de absorción de los diferentes tipos de agregados favorece la succión de líquidos, afectando la rotura porque está vinculada con las características de absorción del agregado usado. Los agregados con altas tasas de absorción tienden a acelerar la rotura de la emulsión por motivo de una remoción más rápida del agua emulsionante.

La velocidad de rotura en agregados que constituyen mezclas formadas por emulsión y agregado, la gradación y área superficial del agregado son también factores significativos. Al cambiar el área superficial, las características de rotura del medio también cambian debido a la alteración de la absorción (acumulación en la superficie) del agente emulsificante por el agregado. Con miras a obtener óptimos resultados, es necesario controlar el tamaño del agregado o ajustar la formulación de la emulsión para cumplir los requisitos del agregado.

- **Curado:**

Para usos en pavimentación, tanto las emulsiones aniónica como las Catiónica dependen de la evaporación del agua para el desarrollo de sus características de curado y adherencia. El desplazamiento del agua puede ser bastante rápido bajo entornos favorables del clima; pero, pueden interferir con un curado apropiado una alta humedad, baja temperatura o lluvia, poco tiempo después de la aplicación. A pesar de que las condiciones superficiales y atmosféricas son menos críticas para las emulsiones Catiónica que para las aniónica, aun dependen de las condiciones climáticas para lograr óptimos resultados.

Una de las principales ventajas del uso de emulsiones Catiónica, es la propiedad de dejar el agua un poco más. La teoría tradicional propone que las emulsiones aniónica por tener carga negativas en los glóbulos de asfalto tienen un mejor comportamiento cuando se los combina con agregados en que mayoritariamente tengan cargas positivas en su superficie como las calizas. La teoría también sostiene que las emulsiones Catiónica por tener las cargas positivas sobre los glóbulos de asfalto, dan como resultado un comportamiento mejor con agregados que tiene cargas negativas en superficie como agregados silíceos o graníticos. No existe un acuerdo sobre esto porque existen estudios recientes que contradicen las teorías tradicionales.

Cuando se usan emulsiones de rotura rápida tanto aniónica como Catiónica, la sedimentación inicial del asfalto se desarrolla en función de fenómenos electromecánicos.

La generación de la principal unión resistente entre la película de asfalto y los agregados, viene después de la pérdida del agua emulsificante. Esta película de agua puede ser desplazada por evaporación, presión (envolvimiento), o por absorción. En el uso real, la rotura es generalmente una función de la combinación de estos tres factores.

#### **2.4. Características del slurry seal**

En este aspecto es importante conocer que, en otros países se ha utilizado ampliamente esta técnica y se ha medido su desempeño el cual ha sido mejor que el proyectado.

Dentro de las características del Slurry Seal se destacan:

- Aplicación en frío haciéndola amigable con el medio ambiente.
- Mejoran el estado superficial del pavimento corrigiendo ahuellamientos menores, sin la necesidad de generar aporte estructural.
- Se desempeña como sello e impermeabilizante de la carpeta asfáltica, protegiendo la estructura del pavimento de factores externos, ya que son

ricas en asfalto modificado con polímeros.

- Excelente relación costo-beneficio frente a otras alternativas de protección con rápida apertura al tráfico.
- Generan una superficie con mejor rugosidad, mejorando la condición de comodidad de la vía.
- Generan una superficie con mejor resistencia al deslizamiento, mejorando la condición de seguridad de la vía.
- Recuperan las superficies desgastadas y afectadas por fenómenos de pérdida de agregados o de ligante.

#### **2.4.1. COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA DE SLURRY SEAL**

El Slurry Seal es una mezcla de agregado fino bien graduado, relleno mineral (filler),

emulsión asfáltica (de rompimiento lento “CRL” o acelerado “CRR”) y agua, que adquiere un aspecto “cremoso” que endurece en un corto periodo de tiempo para ofrecer una superficie resistente y segura para el tránsito

#### **2.4.2. ENSAYOS PARA LOS COMPONENTES Y PARA LOS SELLOS DE SLURRY SEAL**

Durante todo el proceso de diseño y constructivo, se realiza los ensayos de laboratorio para medir, ya sea el desempeño u otras características de composición, además de la consistencia y estabilidad de los materiales y las mezclas. El propósito de los ensayos es proveer información para establecer los requisitos de especificación, también para controlar la calidad y uniformidad del producto durante la fabricación, construcción y uso, y finalmente para predecir y controlar el manejo, el almacenamiento y las propiedades de desempeño en campo, de acuerdo con lo establecido por las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del MTC.





### III. CONCLUSIÓN

En la presente investigación se establecen las bases teóricas para el mejoramiento de vías internas del Local Educativo en la región La Libertad.

- Se explica el contenido de las referencias citadas de las fuentes de información de las publicaciones de sus autores debidamente reconocidos los mismo que están referidos al tema de tratamiento de base estabilizada.
- Se describen también como parte del mismo los reglamentos, normas y guías consideradas para establecer la presente base teórica.
- De todo lo contenido en la información podemos concluir que es posible y conveniente reparar las vías internas de la UNT usando pavimento con asfalto en caliente y slurry seal, y se proponen las especificaciones técnicas (Ver Anexo2)

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, A. (2004). Mecánica de Suelos. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Huang, Yang H. Pavement Análisis and Design. Prentice Hall. USA, 2004

JUÁREZ BADILLO, E., & RICO RODRÍGUEZ, A. (1986). Mecánica de suelos, tomos I. México: Limusa.

MTC(2018), Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MANUAL DE CARRETERAS "Especificaciones Técnicas Generales de Construcción" (EG-2018)

MTC(2013), Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MANUAL DE CARRETERAS "Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, aprobado con Resolución Directoral No.05-2013/MTC

Miranda, R, (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos (Tesis de pregrado). Universidad austral de Chile, Valdivia, Chile.

Rico, A., Y Del Castillo, H. (1999) La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2. México D.F.: Limusa. Pág. 99

Vera, J (2015) en su tesis " Mejoramiento con emulsiones asfálticas de base granular, para pavimentos en la región Lambayeque"



V. ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE DATOS

Denominación de la matriz:

MATRIZ PARA LA REVISIÓN LAS PUBLICACIONES REFERIDAS AL TEMA

---

AUTOR:

---

A.- LIBROS REFERIDOS AL TEMA

- 1.
  - 2.
  - 3.
- 

B.- TESIS SIMILARES

- 1.
  - 2.
  - 3.
- 

C.- BASES NORMATIVAS

- 1.
- 2.
- 3.

## ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 02.04- REPOSICION BASE GRANULAR EN PARCHES, $e = 7.5\text{cm}$ .

Esta partida contempla la reposición de la base granular con un espesor similar al del afirmado deteriorado cortado. Esta capa deberá ser convenientemente compactada, de tal manera que se evite asentamientos que conlleven al deterioro posterior de la carpeta asfáltica originando áreas nuevamente a parchar. Por el tamaño de los parches, este trabajos se harán en forma manual.

Serán suelos granulares de tipo A-1a ó A-1b del sistema de clasificación AASHO, es decir gravas o gravas arenosas compuestas por partículas duras y durables y de aristas vivas. Podrán provenir de dispositivos naturales, del chancado de rocas, o de una combinación de agregado zarandeado y chancado con un tamaño máximo de 1 1/2".

El material para la capa de base estará libre de materia vegetal y terrones de tierra. Debe contener una cantidad de finos que garanticen su trabajabilidad y den estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación o capa de rodamiento.

El material de base debe cumplir con los siguientes requisitos de granulometría.

TAMAÑO DE LA MALLA AASHTO T-11 Y T-27 ABERTURA CUADRADA	GRADO A	% EN PESO QUE PASA		
		GRADO B	GRADO C	GRADO D
2"	100	100	---	---
1"	---	---	100	100
3/8"	30-65	75-95	50-85	60-100
Nº 4	25-65	40-75	35-65	50-85
Nº 10	15-40	30-60	25-50	40-70
Nº 40	8-20	20-45	15-30	25-45
Nº 100	2-8	15-30	5-15	8-15

En el caso que se mezclen dos o más materiales para lograr la granulometría requerida, los porcentajes serán referidos en volumen.

Otras condiciones físicas y mecánicas por satisfacer serán:

- Compactación proctor modificado 95% mínimo
- Límite líquido 25% máximo
- Índice de plasticidad 6%
- Equivalencia de arena 50% mínimo
- Desgaste de abrasión 50% máximo

El material de base será colocado y extendido sobre la sub- rasante aprobada, en volumen apropiado para que una vez compactado alcance el espesor indicado en los planos.

La operación será continua hasta lograr una mezcla homogénea de humedad uniforme.

La comparación se efectuará con plancha compactadora cuyas características de peso y eficiencia serán comprobados por la supervisión.

Para verificar la calidad del material, se utilizarán las siguientes normas de control:

- a) Granulometría (AASHTO T88, ASIM DI-422)
- b) Límites de consistencia (AASHTO T89/90, ASIM DI-423/24)
- c) Clasificación por el método AASHTO
- d) Ensayo C.B.R.
- e) Proctor modificado (AASHTO TBO, método D)

#### **Método de medición:**

El método de medición será por Metro cuadrado ( $m^2$ ) de base compactada obtenido del ancho promedio del parche, por su longitud, según lo indicado en los planos y aceptados por el Ingeniero Supervisor.

#### **Base de Pago:**

El área determinada como está dispuesto, será pagado a Precios Unitarios por Metro cuadrado ( $m^2$ ) compactado según lo indicado en los planos, y dicho precio constituirá compensación completa por el suministro de material, considerando el transporte, colocación del mismo riego, mano de obra, equipos, herramientas e imprevistos necesarios para completar la partida.

#### **02.05- IMPRIMACIÓN CON MC – 30, EN PARCHES.**

Bajo este ítem, el Contratista debe suministrar y aplicar material bituminoso a una base preparada con anterioridad, de acuerdo con las Especificaciones y de conformidad con los planos. Consiste en la incorporación de asfalto a la

superficie de una Base, a fin de prepararla para recibir una capa de pavimento asfáltico.

La calidad y cantidad de asfalto será la necesaria para cumplir los siguientes fines:

- a) Impermeabilizar la superficie de la base.
- b) Recubrir y unir la superficie de las partículas sueltas de la superficie.
- c) Mantener la compactación de la base.
- d) Propiciar la adherencia.

El material bituminoso a ser aplicado será el que cumpla con las características que se dan en las Tablas 02 Y 03, el cual, de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido, será distribuido dentro de los rangos de temperatura determinados en la carta Viscosidad y Temperatura.

El riego de imprimación se efectuará cuando la superficie de la base este preparada, es decir, cuando este libre de partículas o de suelo suelto. Para la limpieza de la superficie se emplearán escobas manuales, o soplador según sea necesario.

**TABLA Nº 02. REQUISITOS DE MATERIAL BITUMINOSO DILUIDO PARA CURADO RAPIDO (AASHTO M – 81)**

CARACTERISTICAS	ENSAYO	RC - 70		RC - 250		RC – 800	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Cinemática a 60° C, mm <sup>2</sup> / s	MTC E 301	70	140	250	500	800	1600
Punto de inflamación (TAG, capa abierta) °C	MTC E 312	-	-	27	-	27	-
Destilación, volumen Total destilado hasta 360° C. % Vol.	MTC E 313						
A 190°C		10	-	-	-	-	-
A 225°C		50	-	35	-	15	-
A 260°C		70	-	60	-	45	-
A 316°C		85	-	80	-	75	-
Residuo de la destilación a 360°C		55	-	65	-	75	-
Pruebas sobre el residuo de la destilación							

Ductilidad a 25°C, cm/min., cm.	MTC E 330	100	-	100	-	100	-
Penetración a 25°C, 100 gr., 5 seg. (*)	MTC E 304	80	120	80	120	80	120
viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s		60	240	60	240	60	240
Solubilidad en Tricloetileno	MTC E 302	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, % del volumen	-	-	0.2	-	0.2	-	0.2

(\*) Opcionalmente se puede reportar Penetración en vez de viscosidad.

Cuando se trate de un material poroso, la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La humedad de estos materiales se logrará por el rociado de agua en la superficie, en cantidad adecuada para este fin.

La operación de imprimación deberá empezar cuando la temperatura superficial a la sombra sea de mas de 13 °C en ascenso o mas de 15 °C en descenso. Se suspenderá la operación en tiempo brumoso o lluvioso.

La aplicación del material bituminoso deberá hacerse de tal manera que se garantice un esparcido uniforme y continuo.

La cantidad de asfalto por unidad de área será definida con la supervisión de acuerdo a la calidad de la base, tomándose un promedio de 0.264 gal/m<sup>2</sup>

**TABLA Nº 03. REQUISITOS DE MATERIAL BITUMINOSO DILUIDO DE CURADO MEDIO**

CARACTERÍSTICAS	ENSAYO	MC – 30		MC - 70		MC – 250	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad cinemática a 60° C. Mm <sup>2</sup> /s	MTC E 301	30	60	70	140	250	500
Punto de inflamación TAG, copa abierta) °C	MTC E 312	38		38		66	
Destilación, volumen	MTC E 313	40	25	0	20	0	10
Total destilado hasta 360° C, % Vol		75	70	20	60	15	55
➤ A 190° C			93	65	90	60	87
➤ A 225° C							
➤ A 260° C							
➤ A 315° C							
Residuo de la destilación a 315° C							
Pruebas sobre el residuo de la destilación	MTC E 306	100	250	100		100	
➤ Ductilidad a 25° C, 5 cm/mm. cm. Penetración a 25° C, 100 gr, 5 seg. (*)			120				
➤ Viscosidad absoluta a 60° C. Pa.s	MTC E 304	120		120	250	120	250
➤ Solubilidad en tricoetileno, %		30		30	120	30	120
	MTC E 302	99		99		99	
Contenido De agua, % Del volumen		-	0.2	-	0.2	-	0.2

La temperatura de aplicación del riego estará comprendida, según el tipo de asfalto a usarse, dentro de los siguientes intervalos:

MC - 30

21 °C - 60 °C

MC- 70

43 °C - 85 °C



(RC - 250) + % Kerosene

25 °C - 70 °C

Los excesos de asfalto serán retirados utilizando para el efecto una escoba de goma.

Durante la operación de riego se deberán tomar las providencias necesarias para evitar que estructuras, edificaciones o árboles adyacentes al área por imprimir sean salpicados por el asfalto.

El material bituminoso deberá ser enteramente absorbido por la superficie de la base. Si en el término de 24 horas esto no ocurriese, la supervisión podrá disponer un tiempo mayor de curado.

La superficie imprimada curada y secada, deberá permanecer en esta condición hasta que se aplique la capa de rodamiento, no debiéndose permitir ningún tipo de tránsito hasta entonces. En caso de daños en la superficie debido a la inobservancia de esta recomendación, ésta deberá ser reparada antes de la colocación de la capa de rodadura.

Para verificar la calidad del material bituminoso deberá ser examinado en el laboratorio y evaluado teniendo en cuenta las especificaciones recomendadas por el Instituto del Asfalto. En caso que el asfalto líquido preparado fuera previsto por una planta especial se deberá contar con un certificado de laboratorio que confirme las características del material.

En el procedimiento constructivo, se observará entre otros, los siguientes cuidados que serán materia de verificación:

- a) La temperatura de aplicación estará de acuerdo con lo especificado según el tipo de asfalto líquido.
- b) La cantidad de material esparcido por unidad de área será la determinada con la supervisión de acuerdo al tipo de superficie; y será controlada colocando en la franja de riego de algunos recipientes de peso y áreas conocidos.
- c) La frecuencia de estos controles, verificaciones o modificaciones por la supervisión, se efectuara de manera tal y especial al inicio de las jornadas de trabajo de imprimación.

### **Método de medición**

El método de medición se hará por metros cuadrados de superficie imprimada resultante del producto del ancho por la longitud efectiva de las áreas de parches.

### **Base de pago.**

Los trabajos de esta partida serán cancelados según el Análisis de Precios Unitarios por Metro cuadrado (m<sup>2</sup>), de imprimación aceptado por el Ingeniero Supervisor. En las áreas a parchar se tendrá en cuenta la dificultad para la ejecución de estos trabajos. Este precio y pago constituirá compensación



completa por la imprimación, considerando el equipo, material, mano de obra incluyendo Leyes Sociales, herramientas e imprevistos necesarios para completar la partida.

#### **02.06 CARPETA ASFALTICA, e=1.5", EN PARCHES.**

La estructura del pavimento terminará con carpeta asfáltica, que es una mezcla en "frío" de betún asfáltico, agregados debidamente graduados y relleno mineral que, una vez colocada y enfriada, se constituirá en una capa semirrígida capaz de soportar el tránsito.

La dosificación o fórmula de la mezcla asfáltica para los efectos de este expediente técnico así como los regímenes de temperaturas de mezclado y de colocación que se pretenda utilizar, serán presentadas a la supervisión con cantidades o porcentajes definidos y únicos.

En esta fórmula la mezcla asfáltica para los efectos de este expediente técnico así como los regímenes de temperaturas de mezclado y de colocación que se pretenda utilizar, serán presentados a la supervisión con cantidades o porcentajes definidos y únicos. En esta fórmula, la mezcla podrá ser aceptada o en su defecto se fijará una nueva que podrá tener coincidencias parciales con la presentada por el contratista.

#### **A. MATERIALES**

##### **A.1 MATERIAL BITUMINOSO**

El material bituminoso que se usará en la preparación de la mezcla en planta, será un asfalto líquido de las características que se dan en la Tabla N° 02.

**TABLA N° 04. RANGOS DE TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)**

Tipo y Grado del Asfalto	Rangos de Temperatura	
	En Esparcido o Riego	En Mezclas Asfálticas (1)
<b>Asfaltos Diluidos:</b> RC-70 o MC-70 RC-250 o MC-250 RC-800 o MC-800	50-(2) 75-(2) 95-(2)	- 60-80(3) 75-100(3)
<b>Emulsiones Asfálticas</b> CRS-1 CRS-2	50-85 60-85	-
<b>Cemento Asfáltico</b> Todos los grados	140 máx (4)	140 máx (4)

- (1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.
- (2) Máxima temperatura en la que no ocurre vapores o espuma
- (3) Temperatura en la que puede ocurrir inflamación. Se deben tomar precauciones para prevenir fuego o explosiones.
- (4) Se podrá elevar esta temperatura de acuerdo a las cartas temperatura-viscosidad del fabricante.

## A.2 AGREGADOS

### **Agregados Gruesos**

Los agregados gruesos estarán constituidos por piedra chancada y eventualmente por materiales naturales que se presenten en estado fracturado o muy angulosos, con textura superficial rugosa. Quedarán retenidos en la malla N° 8 y estarán limpios, es decir, sin recubrimientos de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales, así como terrones de arcilla u otros agregados de material fino. Además, deberán cumplir con los requisitos que se dan en la Tabla N° 04.

## A.3 Agregados finos

Los agregados finos, o material que pase la malla N° 8 serán obtenidos por el triturado de piedras o gravas, o también arenas naturales de granos angulosos.

Como en todos los casos, el agregado se presentará limpio, es decir, que sus partículas no estarán recubiertas de arcilla limosa u otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla limosa u otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino. Tendrá en el ensayo de durabilidad un desgaste por la acción del sulfato de sodio durante 5 ciclos (AASHTO T-104 o ASTM C88) no mayor de 12 %.

**TABLA Nº 05. Requerimientos para los Agregados Gruesos**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	40% máx..	35% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	<b>Según Tabla 05-03</b>	
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	+95	

**TABLA N° 06. Requerimientos para los Agregados Finos**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 209	<b>Según Tabla 05 - 04</b>	
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	<b>Según Tabla 05 - 05</b>	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.50%	Según Diseño

#### A.4 Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica serán establecidos por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznable según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

La cantidad de asfalto en la mezcla será determinada utilizando el método "Marshall" y debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

TABLA N° 07

Número de golpes de compactación		
en cada extremo de la probeta		50
Estabilidad ; en libras		800
Fluencia, 0.01"	8 mín.	18 máx.
Vacios en la mezcla, en %	3 mín.	5 máx.
Vacios llenos de asfalto, en %	75 mín.	85 máx.

Las tolerancias admitidas en las mezclas son las siguientes :

TABLA N° 08

TAMAÑO DE LA MALLA	VARIACION PERMISIBLE EN % EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL
N° 4 ó mayor	5.0 aprox.
N° 8	4.0 aprox.
N° 30	3.0 aprox.
N° 200	1.0 aprox.

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

La mezcla asfáltica se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionados para tal fin. Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes. Se transportará a obra la cantidad

suficiente para cumplir con la meta programada para la jornada diaria. No se permitirá el uso de mezclas expuestas demasiado tiempo a la intemperie.

El esparcido será en forma manual complementado con un acomodo y rastrillado.

La compactación de la carpeta se deberá llevar a cabo inmediatamente después de que la mezcla haya sido distribuida uniformemente, teniendo en cuenta que sólo durante el primer compactado se permitirá rectificar cualquier irregularidad en el acabado.

La compactación del parche, dependiendo de las dimensiones, se hará utilizando rodillos pequeños, plancha vibradora, o el equipo indicado por el Supervisor.

El número de pasadas del equipo de compactación será tal que garantice el 95% de la densidad lograda en el laboratorio. La unión de una capa nueva con una ya compactada se realizará previa impregnación de la junta con asfalto.

Los controles de calidad de los componentes de la mezcla asfáltica misma serán de responsabilidad de su proveedor, que deberá aportar los respectivos certificados que aseguran las características del producto terminado, tales como:

- a) De los agregados minerales: granulometría, abrasión durabilidad, equivalente de arena.
- b) Líquido asfáltico: penetración, viscosidad, punto de inflamación.
- c) De mezcla en planta: cantidades de los componentes temperatura de mezcla, estabilidad, flujo, vacíos del ensayo "Marshall", tiempo de amasado.

Para verificar la calidad de la obra se efectuarán los controles de temperatura de aplicación, espesor de la carpeta, compactación, acabado y juntas. Las frecuencias de estas certificaciones y controles será determinada en cada caso por la supervisión.

Las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso indicados, según corresponda al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo al diseño del proyecto y lo indicado por el Supervisor.

Las mezclas asfálticas se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C en ascenso y el tiempo no esté neblinoso ni lluvioso; además la base preparada debe estar en condiciones satisfactorias.

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito.

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Contratista, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor. El Contratista deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo, y efectuar las correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

#### **Método de medición**

El método de medición se hará por metros cuadrados de Carpeta Asfáltica colocada, resultante del producto del ancho del parche por su longitud efectiva.

#### **Base de pago.**

Los trabajos que comprenden esta partida, serán pagados según el Análisis de Precios Unitarios por Metro cuadrado ( $m^2$ ), de carpeta asfáltica en frío  $e=1.5''$  en parches, preparada, transportada, esparcida y compactada, aceptada por el Ingeniero Supervisor. En las áreas a parchar se tendrá en cuenta la dificultad para la ejecución de estos trabajos. Este precio y pago constituirá compensación total por toda la mano de obra incluyendo Leyes Sociales, materiales y cualquier actividad o suministro necesario para la ejecución del trabajo.

### **03.0 PAVIMENTACION FLEXIBLE**

#### **3.01 BARRIDO Y LIMPIEZA PARA LA PAVIMENTACION**

Esta partida está destinada a la limpieza de la superficie a repicar, es decir dejarla libre del polvo, residuos sueltos y demás materiales inadecuado. Para la ejecución de esta partida el contratista se proveerá de las herramientas y equipos necesarios que crea convenientes a fin de dejar la superficie completamente limpia, libre de polvo, aceites, materia orgánica o cualquier otro material que pueda dificultar la adherencia del bitumen.

#### **Método de Medición**

El método de medición se área por metros cuadrados de superficie barrida resultante del producto del ancho de la vía a repicar por su longitud efectiva.



**Base de pago.**

Los trabajos de esta partida, serán pagados según el Análisis de Precios Unitarios, por Metro cuadrado ( $m^2$ ), de área barrida, aceptado por el ingeniero supervisor; entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda la mano de obra incluyendo Leyes Sociales, materiales y cualquier actividad o suministro necesario para la ejecución del trabajo.

**3.02 RIEGO DE LIGA CON EQUIPO**

Consiste en la aplicación de un material asfáltico sobre una capa de pavimento, con objeto de lograr una buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que se construya encima.

**Método de Medición**

El método de medición se área por metros cuadrados de superficie ligada resultante del producto del ancho de la vía a recapear por su longitud efectiva.

**Base de pago.**

Los trabajos de esta partida, serán pagados según el Análisis de Precios Unitarios, por Metro cuadrado ( $m^2$ ), de área barrida, aceptado por el ingeniero supervisor; entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda la mano de obra incluyendo Leyes Sociales, materiales y cualquier actividad o suministro necesario para la ejecución del trabajo.

**02.06 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE, e=1".**

La estructura del pavimento terminará con carpeta asfáltica, que es una mezcla en "frío" de betún asfáltico, agregados debidamente graduados y relleno mineral que, una vez colocada y enfriada, se constituirá en una capa semirrígida capaz de soportar el tránsito.

La dosificación o fórmula de la mezcla asfáltica para los efectos de este expediente técnico así como los regímenes de temperaturas de mezclado y de colocación que se pretenda utilizar, serán presentadas a la supervisión con cantidades o porcentajes definidos y únicos.

En esta fórmula la mezcla asfáltica para los efectos de este expediente técnico así como los regímenes de temperaturas de mezclado y de colocación que se pretenda utilizar, serán presentados a la supervisión con cantidades o porcentajes definidos y únicos. En esta fórmula, la mezcla podrá ser aceptada o en su defecto se fijará una nueva que podrá tener coincidencias parciales con la presentada por el contratista.

**B. MATERIALES**

**A.5 MATERIAL BITUMINOSO**

El material bituminoso que se usará en la preparación de la mezcla en planta, será un asfalto líquido de las características que se dan en la Tabla N° 02.

**TABLA N° 04. RANGOS DE TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)**

Tipo y Grado del Asfalto	Rangos de Temperatura	
	En Esparcido o Riego	En Mezclas Asfálticas (1)
<b>Asfaltos Diluidos:</b> RC-70 o MC-70 RC-250 o MC-250 RC-800 o MC-800	50-(2) 75-(2) 95-(2)	- 60-80(3) 75-100(3)
<b>Emulsiones Asfálticas</b> CRS-1 CRS-2	50-85 60-85	-
<b>Cemento Asfáltico</b> Todos los grados	140 máx (4)	140 máx (4)

(1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.

(2) Máxima temperatura en la que no ocurre vapores o espuma

(3) Temperatura en la que puede ocurrir inflamación. Se deben tomar precauciones para prevenir fuego o explosiones.

(4) Se podrá elevar esta temperatura de acuerdo a las cartas temperatura-viscosidad del fabricante.

**A.6 AGREGADOS**

**Agregados Gruesos**

Los agregados gruesos estarán constituidos por piedra chancada y eventualmente por materiales naturales que se presenten en estado fracturado

o muy angulosos, con textura superficial rugosa. Quedarán retenidos en la malla N° 8 y estarán limpios, es decir, sin recubrimientos de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales, así como terrones de arcilla u otros agregados de material fino. Además, deberán cumplir con los requisitos que se dan en la Tabla N° 04.

### A.7 Agregados finos

Los agregados finos, o material que pase la malla N° 8 serán obtenidos por el triturado de piedras o gravas, o también arenas naturales de granos angulosos.

Como en todos los casos, el agregado se presentará limpio, es decir, que sus partículas no estarán recubiertas de arcilla limosa u otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla limosa u otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino. Tendrá en el ensayo de durabilidad un desgaste por la acción del sulfato de sodio durante 5 ciclos (AASHTO T-104 o ASTM C88) no mayor de 12 %.

**TABLA N° 05. Requerimientos para los Agregados Gruesos**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	40% máx..	35% máx.
Indice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	<b>Según Tabla 05-03</b>	
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	+95	

**TABLA N° 06. Requerimientos para los Agregados Finos**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 209	<b>Según Tabla 05 - 04</b>	
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	<b>Según Tabla 05 - 05</b>	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.50%	Según Diseño

#### A.8 Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica serán establecidos por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznales según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

La cantidad de asfalto en la mezcla será determinada utilizando el método "Marshall" y debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

**TABLA Nº 07**

Número de golpes de compactación		
en cada extremo de la probeta		50
Estabilidad ; en libras		800
Fluencia, 0.01"	8 mín.	18 máx.
Vacíos en la mezcla, en %	3 mín.	5 máx.
Vacíos llenos de asfalto, en %	75 mín.	85 máx.

Las tolerancias admitidas en las mezclas son las siguientes :

**TABLA Nº 08**

TAMAÑO DE LA MALLA	VARIACION PERMISIBLE EN % EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL
Nº 4 ó mayor	5.0 aprox.
Nº 8	4.0 aprox.
Nº 30	3.0 aprox.
Nº 200	1.0 aprox.

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

La mezcla asfáltica se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionados para tal fin. Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes. Se transportará a obra la cantidad suficiente para

cumplir con la meta programada para la jornada diaria. No se permitirá el uso de mezclas expuestas demasiado tiempo a la intemperie.

El esparcido será en forma manual complementado con un acomodo y rastrillado.

La compactación de la carpeta se deberá llevar a cabo inmediatamente después de que la mezcla haya sido distribuida uniformemente, teniendo en cuenta que sólo durante el primer compactado se permitirá rectificar cualquier irregularidad en el acabado.

La compactación del parche, dependiendo de las dimensiones, se hará utilizando rodillos pequeños, plancha vibradora, o el equipo indicado por el Supervisor.

El número de pasadas del equipo de compactación será tal que garantice el 95% de la densidad lograda en el laboratorio. La unión de una capa nueva con una ya compactada se realizará previa impregnación de la junta con asfalto.

Los controles de calidad de los componentes de la mezcla asfáltica misma serán de responsabilidad de su proveedor, que deberá aportar los respectivos certificados que aseguran las características del producto terminado, tales como:

- d) De los agregados minerales: granulometría, abrasión durabilidad, equivalente de arena.
- e) Líquido asfáltico: penetración, viscosidad, punto de inflamación.
- f) De mezcla en planta: cantidades de los componentes temperatura de mezcla, estabilidad, flujo, vacíos del ensayo "Marshall", tiempo de amasado.

Para verificar la calidad de la obra se efectuarán los controles de temperatura de aplicación, espesor de la carpeta, compactación, acabado y juntas. Las frecuencias de estas certificaciones y controles será determinada en cada caso por la supervisión.

Las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso indicados, según corresponda al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo al diseño del proyecto y lo indicado por el Supervisor.

Las mezclas asfálticas se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C en ascenso y el tiempo no esté neblinoso ni lluvioso; además la base preparada debe estar en condiciones satisfactorias.

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan de las

tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito.

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Contratista, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor. El Contratista deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo, y efectuar las correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

### **Método de medición**

El método de medición se hará por metros cuadrados de Carpeta Asfáltica colocada, resultante del producto del ancho del parche por su longitud efectiva.

### **Base de pago.**

Los trabajos que comprenden esta partida, serán pagados según el Análisis de Precios Unitarios por Metro cuadrado ( $m^2$ ), de carpeta asfáltica en frío  $e=1.5''$  en parches, preparada, transportada, esparcida y compactada, aceptada por el Ingeniero Supervisor. En las áreas a parchar se tendrá en cuenta la dificultad para la ejecución de estos trabajos. Este precio y pago constituirá compensación total por toda la mano de obra incluyendo Leyes Sociales, materiales y cualquier actividad o suministro necesario para la ejecución del trabajo.

## **04.0 SLURRY SEAL**

### **4.01 SELLO ASFALTICO CON (SLURRY SEAL) $e=10mm$**

Este trabajo consistirá en la aplicación de material bituminoso con agregados de recubrimiento, a la superficie asfáltica actualmente existente gastada por acción del tráfico vehicular, la que será previamente preparada. Para la aplicación del sello asfáltico se tendrá en cuenta el grabe desgaste de la capa de rodadura, para lo cual es importante la opinión del ingeniero supervisor, quien dará su visto bueno para el sellado del tramo respectivo.

Las cantidades aproximados de materiales por metro cuadrado destinado a la capa de sellado será de 1.6750 Gal por metro cuadrado de Emulsión CSS-1HP, y de 0.0388 M3 por metro cubico para los agregados.

Se está considerando una capa de 4mm de Slurry Seal, antes de colocar los 10mm, por motivo de alto desgaste de las vías a intervenir.

Los agregados para el sellado consistirán en gravillas zarandeadas o graba trituradas compuestas de Partículas limpias duras y durables, y arenas gruesas en proporciones que dependerán de la textura de la superficie de rodadura.

## ESPECIFICACIONES PARA LA GRADACIÓN DE LOS AGREGADOS PARA CAPAS DE SELLADO

TAMAÑO DE TAMICES PORCENTAJES EN PESO QUE PASA POR LOS

TAMICES DE ABERTURA CUADRADA

A	B	C	D		
3/8"	100	100	100	90 – 100	
N° 4	85 – 100		85 – 100	60 – 100	10 – 30
N° 8	10 – 40		0 – 25	0 – 10	0 – 8
N° 50	0 – 10	---	----	----	
N° 200	0 - 5	0 - 2	0 - 2	0 - 2	

Los agregados del tipo A se compondrán de arena o cerniduras finas carentes de suciedad o materia orgánica.

Los agregados del tipo B, C, y D consistirán en cerniduras de gravilla o grava triturada .

Cuando se utiliza grava triturada, no menos de un 90% en peso de las partículas detenidas en la malla N°4, deberá tener por lo menos una cara fracturada .

Los agregados triturados para recubrimiento carecerán de terrones y películas adheridas de arcilla u otra materia que podrían impedir una ligazón total de os agregados con el material bituminoso.

La capa de sellado deberá aplicarse únicamente cuando la superficie a tratar se encuentre seca y cuando el tiempo no sea neblinoso ni lluvioso.

Se empieza el riego asfáltico sobre la superficie previamente barrida, de manera que se obtenga una distribución uniforme en todos los puntos.

La temperatura de aplicación del material bituminosa debe oscilar entre 60 y 99°C. No debe descargarse material bituminoso dentro de prestamos y zanjas de desagüe. Cualquier punto donde hubiera quedando un exceso de material bituminoso, se cubrirá con una ligera capa de arena u otro material local apropiado, procediéndose luego a habilitar el transito.

Inmediatamente después a la aplicación del material bituminoso, se procederá a extender una capa de espesor uniforme de agregados. No se deberá permitir que una capa sea cubierta con los agregados correspondientes, después de haber pasado 15 minutos del riego del material bituminoso.



Cuando la distribución de agregados se realice con camiones, estos se deberán operar hacia atrás de tal modo que el material bituminoso resulte cubierto antes que las ruedas de el camión pasen sobre el. La distribución y el enrasamiento sucesivo podrá hacerse con una barredora de arrastre y/o por métodos manuales.

Las capas del sellado deberán ser compactados hasta que el agregados de recubrimiento quede uniforme y completamente incorporado al material bituminoso en todo el ancho de la pista. El peso de los rodillos solo esta limitado por la resistencia de los áridos al aplastamiento. Se procederá a abrir el trafico al cabo de 6 horas de terminado el sellado.

#### **Método de Medición**

El método de medición se hará por metros cuadrados de área tratada con sello asfáltico resultante del producto del ancho de la vía por su longitud efectiva.

#### **Base de pago.**

Los trabajos de esta partida, serán pagados según el Análisis de Precios Unitarios, por Metro cuadrado ( $m^2$ ), de sello asfáltico, comprende el esparcido asfáltico, así como el transporte, esparcido y compactación de los agregados, todo esto aceptado por el ingeniero supervisor; entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda la mano de obra incluyendo Leyes Sociales, materiales y cualquier actividad o suministro necesario para la ejecución del trabajo.

### **4.02 BARRIDO Y LIMPIEZA CON EQUIPO**

Esta partida está destinada a la preparación de la superficie a sellar, es decir dejarla libre del polvo, residuos sueltos y demás materiales inadecuado. Para la ejecución de esta partida el contratista se proveerá de las herramientas y equipos necesarios que crea convenientes a fin de dejar la superficie completamente limpia, libre de polvo, aceites, materia orgánica o cualquier otro material que pueda dificultar la adherencia del bitumen.

#### **Método de Medición**

El método de medición se área por metros cuadrados de superficie barrida resultante del producto del ancho de la vía a sellar por su longitud efectiva.

#### **Base de pago.**

Los trabajos de esta partida, serán pagados según el Análisis de Precios Unitarios, por Metro cuadrado ( $m^2$ ), de área barrida, aceptado por el ingeniero supervisor; entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda la



mano de obra incluyendo Leyes Sociales, materiales y cualquier actividad o suministro necesario para la ejecución del trabajo.