

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**BASES TEORICAS PARA TRATAMIENTO DE BASE ESTABILIZADA CON
EMULSIÓN ASFALTICA CATIONICA EN CARRETERA YAURI-DESVIO
LIVITACA, REGIÓN CUSCO, 2018**

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

AUTOR:

RAÚL ENRIQUE TORRES ARENAS

TRUJILLO – PERÚ

2018



HOJA DE FIRMAS

PRESIDENTE

SECRETARIO



INDICE

Caratula	
Hoja de firmas	1
Índice de contenido:	2
Resumen / Palabras claves:	3
Abstrac / Key words:	4
Introducción:	5
Delimitación del problema que motiva las bases teoricas:	6
Justificación del tema:	6
Objetivo:	7
Procedimientos metodologicos seguidos:	7
Resultados respecto a los antecedentes:	9
Conclusión:	35
Referencias bibliográficas:	36
Anexo.....	37

RESUMEN

La presente investigación describe, primeramente, la realidad problemática de La vía Yauri – Desvió Livitaca, que corresponde a un tramo de El Corredor vial: EMP. PE – 3S (Desvió. Abancay) –Chuquibambilla - Desvió. Challhuahuacho – Santo Tomás - Velille – Yauri – Héctor Tejada - EMP. PE – 3S (Ayaviri), luego, en forma específica, se describe el tramo de esta vía comprendido entre el Km 152 +000 al Km 164 +000, por ser el tramo en donde se ha desarrollado la investigación, de el se describen las características de la vía antes de los trabajos de conservación y una descripción posterior a la ejecución de los trabajos de estabilización con emulsión asfáltica de la base del afirmado. Y como parte del análisis del material utilizado como base (afirmado de cantera), se realizaron ensayos en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

Y como parte de la estructura mismo trabajo de investigación, se presenta en un resumen una descripción detallada de cada uno de los de los ensayos realizados aplicando la emulsión como como estabilizador; Así mismo en esta, se presenta en general, definiciones, clasificaciones, procesos de fabricación, y métodos teóricos que nos permiten obtener valores iniciales con los cuales se determinaron valores óptimos de participación de la emulsión asfáltica como emulsificante en la mezcla con el agregado de cantera.

Palabra Clave:

Bases teóricas, tratamiento, base estabilizada, pavimentos, carreteras

ABSTRAC

The research describes Firstly, the problematic reality of the route Yauri – diverted Livitaca, which corresponds to a section of the road: EMP. PE – 3s (deflected. Abancay) – Chuquibambilla-diverted. Challhuahuacho – Santo Tomás-Velille – Yauri – Héctor Tejada-EMP. PE – 3s (Ayaviri), then, in a specific way, describes the section of this route between the KM 152 + 000 to km 164 + 000, because it is the section where the research has been developed, describes the characteristics of the route before the conservation work And a description after the execution of the work of stabilization with asphalt emulsion of the base of the affirmed. And as part of the analysis of the material used as a base (stated as a quarry), tests were carried out in the laboratory of soil mechanics.

And as part of the structure of the thesis, is presented in a summary a detailed description of each of the tests carried out applying the emulsion as a stabilizer; Likewise in this, it is presented in general, definitions, classifications, manufacturing processes, and theoretical methods that allow us to obtain initial values with which optimal values of participation of the asphalt emulsion were determined as Emulsifier in the mix with the quarry aggregate.

Keyword:

Theoretical Bases, treatment, stabilized base, pavements, roads.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, los usos y conocimientos sobre el tema son muy genéricos y de uso es puntual, para que estas puedan demostrar las múltiples ventajas técnicas, económicas y ambientales que esta alternativa ofrece. Además, la escasez de trabajos de investigación que sustenten el empleo de esta metodología no ha permitido que los trabajos de tratamiento de base estabilizada se han considerado dentro de las especificaciones técnicas generales vigentes, originándose una brecha entre estas normas y nuevas técnicas de rehabilitación de carreteras, desarrollados en otros países.

El uso de métodos tradicionales de rehabilitación de vías, originan sobre costos 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. En el presente trabajo de investigación evaluará las bases teóricas para trabajos de tratamientos de base granular estabilizándola con emulsión asfáltica en tramos de la carretera Yauri – Dv Livitaca.

Todas las mezclas asfáltica 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

Esta vía presenta secciones cuya plataforma en ancho es variable entre 3.0m, y 4.0m con cunetas laterales no revestidas, en algunos tramos críticos el ancho de la vida es de 2.5m a 3.0m., en tramos de intervalos menores a 100m., la superficie de rodadura de la carretera Yauri – Desvío Livitaca se encuentra asfaltada con tratamiento de slurry seal, con algunas zonas a nivel de subrasante.

1.1. Delimitación del problema que motiva las bases teóricas.

Revisar la base teóricas para determinar el diseño del pavimento de la via Yauri desvió Livitaca (7 curvas) pertenecientes a los distritos de Coporaque, Livitaca, región Cusco; 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 optimo de esta via, en el tiempo. Por lo mismo se debe establecer las bases teoricas. Ya que en la actualidad se observan mucho proyectos que a causas de un deficiente estudio de mecanica de suelos y asfalto es que estos proyectos presentan un deteriro prematuro. Lo hace indicar que en el tiempo. Este, no perdurará en el tiempo. Lo que hace que mantenimiento y conervación sea econimcamente viable.

Por lo mismo surge una pregunta ¿Cuáles son las bases teoricas para el tratamiento de base estabilizada de la carretera Yauri desvióLivitaca (7 curvas), Región Cuzco?

1.2. Justificación del Tema

Dese el punto de vista de la relevancia social, el presente trabajo contribuirá a la búsqueda de soluciones más económicas para pavimentación de vías como es el mejoramiento mediante la estabilización con emulsión asfáltica. De las soluciones para el mejoramiento de las propiedades del suelo para carreteras las más conocidas y antiguas son la estabilización mecánica (mezcla de suelos) y la utilización de cal y cemento, pero de acuerdo con el avance tecnológico, en el mundo se vienen desarrollando nuevas técnicas para la estabilización de suelos empleando productos asfálticos, siendo la que más desarrollo ha tenido hasta la actualidad. En el Perú, la utilización de estabilizadores asfálticos para mejorar las características físico-mecánicas de los suelos de fundación de las carreteras se ve restringido por la escasa información y experiencia existente hasta la actualidad en el territorio patrio.

Desde el punto de su aporte metodológico, el presente trabajo servirá de guía para próximos trabajos similares de diseño de soluciones de base estabilizada con emulsión asfáltica.

1.3. Objetivo

El objetivo principal de la presente investigación es establecer las bases teóricas para el mejoramiento con una base estabilizada con emulsión asfáltica para un tramo de la carretera Yauri – Desvío. 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. Tratamiento de base estabilizada con emulsión asfálticas catiónica de rotura lenta.
- Así mismo se deben describir las guías y nomas 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

Técnica, instrumento y validación:

(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 tratamiento de base estabilizada, basada en diversas bibliografías, normas vigentes y la información difundida por vario autores, especialista 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.

(iii) Validación del instrumento de recolección.

Una de las fuentes de información, son todas las tesis publicas en función al tramiento de base estabilizada con emulsión asfaltica. El manual para el amntenimiento y conservación de carreteras del ministerio de transportes de comunicaciones 2016 tambien es considerada como guia de estudio. Las normas internacionales como la ASSHTO y ASTM quienes son las instituciones de estandarizar cada porcedimiento de procemiento y pratica en tratamiento de base estabilizada. Son fundamentales su aporte para el logro de ensayos de calidad; Entre otras y algunas deficniciones ya establecidas en el manual del diseño geometrico de carreteras 2016.

Todas estas fuentes de que nos dotan de información abundante nos sirve dentro del aporte a esta trabajo como fundamenteo de las bases teoricas para e tratamiento de base estabilizada con emulsion asfaltica canionica.

II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES.

Los estudios, ensayos generados para los tratamientos de base estabilizada con emulsión asfáltica, son bastantes y de gran importancia por su aporte en la investigación el fomento en ella, tanto en su efecto en la calidad de los materiales y los resultados obtenidos o adecuados para cada proyecto, como su determinación en el costo económico del un determinado proyecto.

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, mas 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 la capacidad portante de la base granular existente, en la carretera Ayaviri - Yauri – Santo Tomas – Challhuacho PE-3SG (Ramal) Tramo Yauri – Dv Livitaca, teniendo como objetivo específico diseñar el pavimento con base estabilizada a nivel de base, mediante ensayos de laboratorio de manera que se compruebe y compare las mejoras de sus propiedades de capacidad de soporte y otros. Además de esto los ensayos permitirán observar si las dosificaciones son adecuadas para el tipo de terreno, clima y condiciones varias. A continuación, se detallarán algunos trabajos de investigación realizados anteriormente con emulsiones asfálticas, de los mismos que se logran extraer sus resultados y conclusiones para mejorar la presente.

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, durante la investigación se consiguieron buenos resultados en:
- 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 trancitabilidad de los vehículos y la seguridad de los usuarios en el tiempo.*

2.1. Clasificación de las carreteras en nuestro país

2.1.1. 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 reglamenta 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.

2.1.2. 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.

2.1.3. Sistema nacional de carreteras

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

2.2. Pavimentos

2.2.1. Definición de 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 solicitaciones 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 (Huang, Y. -2004, Pag 11)

La resistencia del concreto utilizada usualmente es alta, entre 200 y 400 kg/cm². 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.

2.2.1.1. 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*)

2.2.1.1.1. 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.

2.2.1.2. 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 ³	Cantera
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m ³	Cantera
	Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m ³	Cantera
	Sales solubles	MTC E 219	-	-	2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m ³	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821	-	2000 m ³	Cantera
	Partículas chatas y alargadas	-	D 4791	-	2000 m ³	Cantera
	Pérdida en sulfato de sodio / magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m ³	Cantera
	Densidad – humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m ³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T 191 T 238	250 m ²	Pista

2.2.1.3. 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.

2.2.1.4. 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

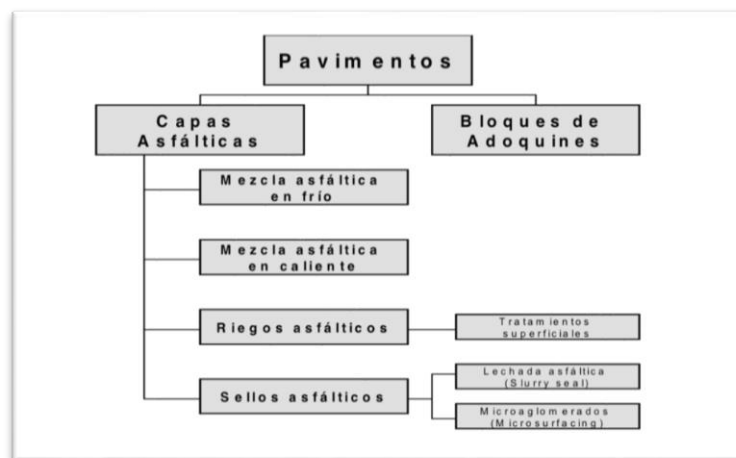


Gráfico n° 02: FUENTE: MANUAL CENTROAMERICANO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS – 2011

2.2.2. 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.

2.2.2.1. 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*)

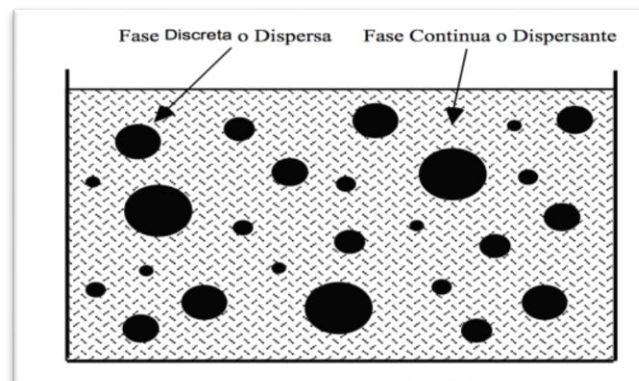


Grafico nº 03: Diagrama esquemático de una Emulsión

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 inmiscible. 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:

2.2.2.2. 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 catiónicas. Las emulsiones no iónicas tienen partículas de asfalto neutras y no migran a ningún polo.

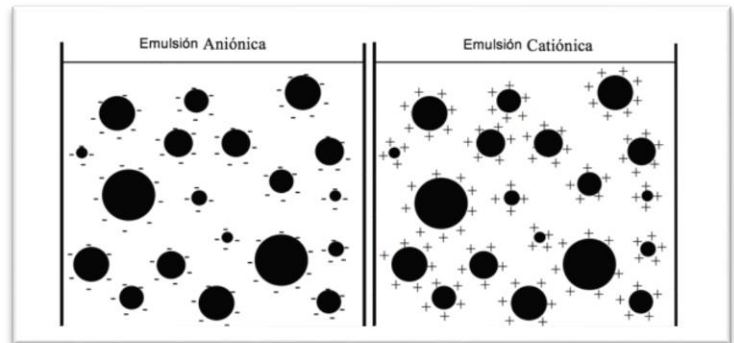


Gráfico n° 04: Esquema de una emulsión aniónica y de una catiónica.

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

2.2.2.3. 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)

2.2.2.4. 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:

Viscosidade 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

2.2.2.5. 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.

2.2.2.6. 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

2.2.2.7. 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

2.2.2.8. 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.

2.3. Anexo de definiciones.

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.

BASE

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

CARRETERA NO PAVIMENTADA

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

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.

EMULSIÓN ASFÁLTICA

Emulsión es 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. En el caso de la emulsión asfáltica es el asfalto, al agua y el emulsificante que consiste en una solución de consistencia jabonosa.

ESTABILIDAD

Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad es una función de la cohesión y la fricción interna del material.

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 r 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.

III. CONCLUSIÓN

En la presente investigación se establecen las bases teoricas para el tratamineto de base estabilizada con emulsión asfaltica cationica para la via Yauri desvio Livitaca en la region Cusco.

- Se explica el contenido de las referencias citadas de las fuentes de información de las publicaciones de sus autores debidamente reconocidos los mismo que estan referidos al tema de tratamiento de base estabilizada.
- Se describen tambien como parte del mismo los reglamentos, normas y guias consideradas para establecer la presente base teorica.
- De todo lo contenido en la información podemos deducir que tratamiento de base estabilizada es opción económica de asfalto en frio para pavimentos por encima de los 3500 msnm, por los demosrtrado en la republica de Panama y el Salvador

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASPHALT INSTITUTE. (Safe.). Manual Serie N° 14, MS 14. Lexington.

ASPHALT INSTITUTE; AEMA. (1979). A Basic Asphalt Emulsion Manual, MS N° 19. Lexington.

ASPHALT INSTITUTE; AEMA. (2001). Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS N° 19S. Lexington.

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

BRACHO, C. L. (2005). Cuaderno FIRP S366C Emulsiones asfálticas. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.

CARRASCO FLORES, D. O. (2004). Estudio comparativo entre mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas con emulsiones Tibias. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura.

CINCIRE, V. (29 de Marzo de 2009). Estabilización de Materiales para Capas de Base. Tabasco, Tabasco, México.

CORREDOR, G. (2005). Apuntes de Pavimentos (2005 ed., Vol. Volumen 2; Mezclas Asfálticas Materiales y Diseño). Venezuela.

GONZÁLES ESCOBAR, Wilfredo; y otros. (noviembre 2007). Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en El Salvador, Trabajo de Graduación. Escuela de Ingeniería UES.

GUEVARA PALMA, M. R., MÉNDEZ DELGADO, H. A., & PIMENTEL GOMEZ, J. C. (2010). Tesis "Diseño De Mezclas Asfálticas Densas En Frio Basado En

El Método Marshall Modificado de Universidad de Illinois". El Salvador: Universidad De El Salvador, Facultad Multidisciplinaria De ingeniería <http://www.emulsionesasfalticas.com/>. (s.f.).

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

MERCADO, R., BRACHO, C., & AVENDAÑO, J. (2008). Cuaderno FIRP S365-A; Emulsiones Asfálticas, Usos- Rompimientos. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.

MINA Y A GONZALES, S., & ORDÓÑEZ HUAMAN, A. (2001). Manual de Laboratorio, Ensayos para Pavimentos Volumen I. Lima.

MANUALES DE CARRETERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: MANUAL DE CARRETERAS "Especificaciones Técnicas Generales de Construcción" (EG-2013) Y EL MANUAL DE CARRETERAS "Suelos Geología, Geotecnia y

Pavimentos"
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES;. (s.f.). Método

Marshall. En Curso de Capacitación en Materiales de Pruebas de

Laboratorio para Obras de Vías Terrestres. Mexico. WWW.GOOGLE.COM. (2015). Google Earth V6.2.



V. ANEXOS

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.