



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

PRODUCTOS BITUMINOSOS EMPLEADOS EN LOS PAVIMENTOS. DETERMINAR LA CONSISTENCIA DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU GRAVEDAD ESPECIFICA.

TRABAJO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

PALADINES PARDO JUAN CARLOS

MACHALA – EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, PALADINES PARDO JUAN CARLOS, con C.I. 0704735844, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación PRODUCTOS BITUMINOSOS EMPLEADOS EN LOS PAVIMENTOS. DETERMINAR LA CONSISTENCIA DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU GRAVEDAD ESPECIFICA.

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 12 de noviembre de 2015



PALADINES PARDO JUAN CARLOS
C.I. 0704735844

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres José y Albertina por estar siempre pendientes brindándome su ayuda y consejos, que me han servido para formarme como persona de buenos principios, llevándome a cumplir con objetivos y metas propuestas en el transcurso de mi vida. Además a mis hermanos y familia que estuvieron siempre presentes en todo momento alentándome a seguir adelante y no desmallar en mis estudios.

Juan Carlos Paladines Pardo

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento en primer lugar va dirigido a Dios por darme la vida, la sabiduría y la capacidad para poder seguir adelante con mis estudios de preparación, logrando muchos objetivos y metas.

A mis padres por dar todo de ellos para que nunca me falte nada y ser la fuerza en cada momento para seguir adelante y no desmayar en el camino del éxito, a mis hermanos y familia que siempre me aconsejaron y apoyaron para seguir con mis estudios.

A mis amigos que siempre me supieron aconsejar y transmitir sus conocimientos cuando se presentaba algún problema en mis tiempos de estudiante, además a todos los docentes que en el transcurso de mis estudios estuvieron presentes, como amigos y maestros compartiendo sus enseñanzas como profesionales, guiándome para ser cada día un mejor estudiante y poder utilizar todo el conocimiento adquirido en la vida profesional.

Juan Carlos Paladines Pardo

**PRODUCTOS BITUMINOSOS EMPLEADOS EN LOS PAVIMENTOS
DETERMINAR LA CONSISTENCIA DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU GRAVEDAD
ESPECIFICA**

Autor:

Juan Carlos Paladines Pardo

C.I. 0704735844

E-mail: jpaladinespardo@hotmail.com

Docente que genera el reactivo:

Ing. Wilmer Eduardo Zambrano Zambrano

C.I. 0701139941

E-mail: wzambrano@utmachala.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo práctico es una investigación de los productos bituminosos empleados en los pavimentos, donde nos da a conocer los tipos de materiales que se utilizan de acuerdo a las necesidades y al trabajo que se va a realizar dentro de la construcción de carreteras. Además nos indica las propiedades que se debe considerar del betún asfáltico para que este cumpla con las normas de calidad estipuladas para estos productos. También se refiere a las aplicaciones y usos que se le puede dar a los productos bituminosos dentro de las distintas obras donde se encuentra inmerso el ingeniero civil. Finalmente nos enseña como ejecutar dos ensayos fundamentales como el de penetración y peso específico que tienen mayor importancia en la construcción de un pavimento flexible; porque el ensayo de penetración nos determina la consistencia del betún asfáltico y el ensayo de peso específico nos servirá para realizar las correcciones de volumen del producto cuando se encuentre a diferentes temperaturas de lo indicado en el ensayo.

Productos bituminosos, pavimentos, Construcción de carreteras, Betún asfáltico, Pavimento flexible.

BITUMINOUS PRODUCTS USED IN FLOORING
Determine the consistency of asphalt cement and specific gravity

author:

Juan Carlos Paladines Pardo

C.I. 0704735844

E-mail: jpaladinespardo@hotmail.com

Teaching generating reagent:

. Wilmer Eduardo Zambrano Zambrano

C.I. 0701139941

E-mail: wzambrano@utmachala.edu.ec

ABSTRACT

This practical work is an investigation of bituminous products used in floors where gives us to know the types of materials used according to the needs and the work to be performed in road construction. Also indicates the properties to be considered the bitumen so that it meets quality standards prescribed for these products. It also refers to applications and uses that can be given to bituminous products in the various works which is immersed in the civil engineer. Finally, it teaches us how to perform two fundamental tests such as penetration and specific gravity that are most important in building a flexible pavement; because the penetration test we determine the consistency of bitumen and specific gravity test will help us to make corrections volume product when it is at different temperatures as indicated in the test.

Bituminous products, pavements, Asphalt, Bitumen, Flexible pavement.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE	VII
INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES BITUMINOSOS	2
1. BETUNES	2
1.1 Betunes Naturales.....	3
1.2 Betunes Artificiales.....	3
2. TIPOS DE MATERIALES BITUMINOSOS	3
2.1 Betunes asfálticos.	3
2.1.1 Clasificación de los betunes asfálticos.....	3
2.1.1.1 Por grado de Penetración.....	3
2.1.1.2 Por grado de viscosidad.....	3
2.1.1.3 Por grado de comportamiento.....	4
2.2 Betunes fluidificados o “Cutbacks”	4
2.3.1 Emulsiones aniónicas.	5
2.3.2 Emulsiones catiónicas.	5
2.4 Betunes modificados.....	6
3. PROPIEDADES DE LOS BETUNES ASFALTICOS	6
3.1 Densidad.....	6
3.2 Penetración.....	7
3.3 Viscosidad.....	7
3.4 Susceptibilidad térmica.	7
3.5 Ductilidad.	7
3.6 Punto de reblandecimiento.....	7
3.7 Índice de penetración.....	7
3.8 Punto de inflamación.....	8
3.9 Adherencia.....	8
3.10 Cohesión.....	8
3.11 Permeabilidad.....	8
3.12 Envejecimiento.....	8
3.13 Punto de fragilidad de Fraas.	8
4. APLICACIONES DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS	9
4.1 Pavimentos de carreteras.....	9
4.2 Impermeabilizaciones.....	9
4.3 Sellado de juntas en pavimento de hormigón.....	9
5. ENSAYO DE PENETRACIÓN (ASTM D5-97; AASHTO T49-03)	9
6. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (ASTM D70-03; AASHTO T228-04)	9

CONCLUSIONES..... 10
REFERENCIAS..... 11
ANEXOS 12

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nos da a conocer acerca de los productos bituminosos, derivados del petróleo que son utilizados en la construcción de carreteras y otro tipo de obras en la cual están inmersos los ingenieros civiles. En la actualidad el proceso constructivo de carreteras ha tenido un gran cambio con lo que respecta a las carreteras antiguas, dando lugar a investigaciones que han realizado muchos ingenieros del área de la construcción, demostrando grandes mejoras para la calidad de las estructuras, obteniendo en los productos bituminosos al someterlos a procesos de calentamiento, resultados favorables para que sean utilizados en combinación con productos pétreos para la construcción de la capa de rodadura de los pavimentos. Pero como la construcción y apertura de carreteras nunca termina, siendo estas uno de los medios de comunicación para generar grandes cambios en el crecimiento y desarrollo de las ciudades. Cada vez se busca mejorar la calidad de estas estructuras, por ende las investigaciones siguen su proceso obteniendo otros resultados con los productos bituminosos para que puedan ser utilizados en todo tipo de clima, modificando la estructura molecular con otros productos sean estos solventes o agua que faciliten el trabajo, ya que son productos sólidos y semisólidos que solo podían ser utilizados sometiéndolos a procesos de calentamiento para que disminuya su viscosidad. Además se ha implementado el uso de los aditivos para mejorar las cualidades de los productos, dándole mejor resistencia y durabilidad a condiciones extremas agresivas que se presenten en el medio. En este documento se indica los componentes y cualidades que lo hacen tan útil para la construcción, así como la clasificación de los productos bituminosos de acuerdo a las necesidades en la construcción de carreteras y las diferentes aplicaciones que puede tener en el campo de la construcción.

MATERIALES BITUMINOSOS

Los materiales bituminosos son sustancias derivadas del petróleo, de color negro solidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor y comprenden a aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos como también a los obtenidos por la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso.⁽¹⁾

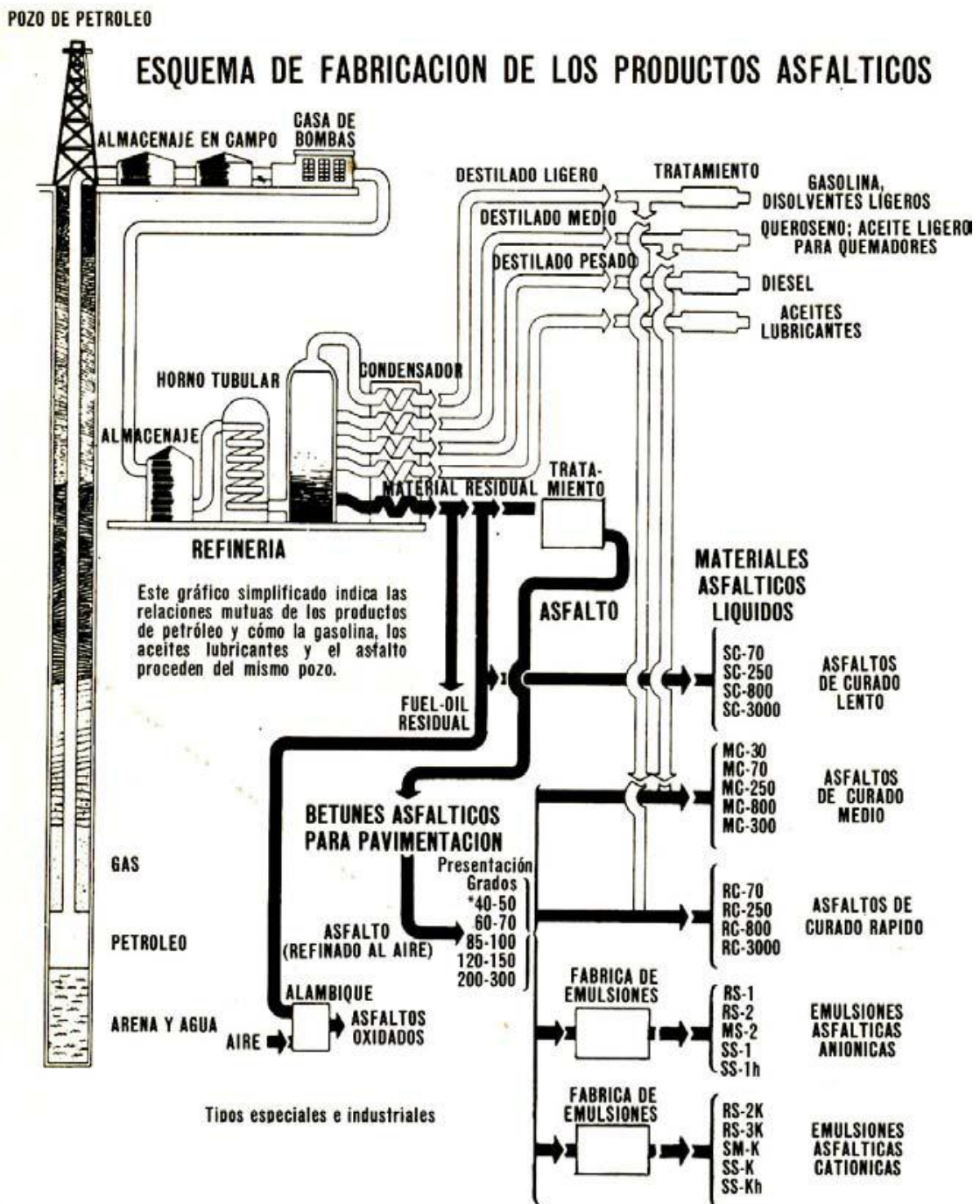


Figura 1. Diagrama de fabricación de los productos asfálticos.⁽²⁾

1. BETUNES

Son mezclas de hidrocarburos naturales, o pirogenados (aquellos que se han sometido a tratamientos de calor), o de sus combinaciones y que pueden ser gaseosos, líquidos,

semisólidos y sólidos, solubles por completo en sulfuro de carbono; los hay naturales y artificiales.⁽¹⁾

1.1 Betunes Naturales.

Los betunes naturales o nativos son líquidos viscosos o compuestos sólidos constituidos por mezcla de hidrocarburos y sus derivados no metálicos. El origen de estos betunes esta en los petróleos que han subido a la superficie a través de fisuras y se han depositado allí; con el tiempo los materiales más ligeros que lo componían se evaporaron, quedando los componentes de mayor viscosidad. Si estos betunes los unimos a betunes artificiales, pues les confieren mejoras en cuanto a resistencia y durabilidad. A veces estos betunes impregnan rocas porosas y se las conoce como rocas asfálticas; fueron el primer material bituminoso utilizado en pavimentación.

1.2 Betunes Artificiales.

Los betunes artificiales proceden de la refinación del petróleo, obteniéndose por: destilación, oxidación o cracking.

2. TIPOS DE MATERIALES BITUMINOSOS

2.1 Betunes asfálticos.

Reciben el nombre de betunes asfálticos los naturales o nativos y los artificiales. Son materiales aglomerantes de color marrón oscuro a negro, de consistencia variable a la temperatura ambiente por lo que, para poder utilizarlo en obra, es preciso calentarlos a fin de reducir su viscosidad, constituido principalmente por betunes. Estos betunes se llaman también betunes de penetración ya que es el ensayo de penetración quien los caracteriza.

2.1.1 Clasificación de los betunes asfálticos.

2.1.1.1 Por grado de Penetración.

- Se basa en el resultado del ensayo de penetración, es cual describe la consistencia a una temperatura de 25 °C.
- El MTOP ha adoptado dos grados de betún asfáltico para pavimentación, con penetraciones comprendidas dentro de los rangos 60-70 y 80-100.

2.1.1.2 Por grado de viscosidad.

- Se basa en la determinación de la viscosidad absoluta del producto a 60 °C.

- Cuando las pruebas se realizan sobre el asfalto original se designan como AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20 y AC-40 y se designan como AR-1000, AR-2000, AR-4000, AR-8000 y AR-16000, cuando se efectúan sobre muestras de asfaltos sometidos a un ensayo de envejecimiento acelerado.

2.1.1.3 Por grado de comportamiento.

- Se basa en el desempeño previsto del ligante y lo especifica en función de las condiciones climáticas extremas en que presenta propiedades físicas adecuadas. Se designan con el acrónimo PG, acompañados de dos números que indican las temperaturas máximas y mínimas de diseño.
- Independientemente del sistema de clasificación elegido, el grado por escoger depende de las condiciones ambientales.
- El sistema de grado de comportamiento define los límites de temperatura dentro de los cuales es previsible el buen comportamiento del betún asfáltico.
- En los otros sistemas, la tendencia es elegir bajos grados de viscosidad en climas fríos para brindar mayor flexibilidad para soportar el agrietamiento térmico a baja temperatura, en tanto que si el clima es cálido se eligen ligantes de mayor viscosidad para contribuir en la resistencia de las mezclas a la deformación permanente.
- La elección del grado es importante también en el diseño del pavimento, por cuanto incide en las propiedades de rigidez y de fatiga de la mezcla asfáltica.

2.2 Betunes fluidificados o “Cutbacks”.

Se obtienen mezclando los betunes con disolventes (kerosén, gasolina, diesel, etc.). Tienen la ventaja de que no es preciso calentarlos para su utilización y los disolventes empleados tienen como misión únicamente favorecer la puesta en obra dado que posteriormente se eliminan durante el proceso de curado dando lugar al betún asfáltico de partida. Un paso más para favorecer la puesta en obra del betún, disminuyendo su viscosidad. Según el disolvente pueden ser: curado rápido (RC), curado medio (MC) y curado lento (SC). Su uso está muy limitado por efectos ambientales.⁽¹⁾

2.3 Emulsiones bituminosas.

Las emulsiones son mezclas íntimas de dos líquidos no miscibles, uno de los cuales se dispersa en forma de gotas muy pequeña en el otro. Al primero se le denomina fase dispersa o discontinua y suele ser un líquido no polar, y a la segunda fase continua o dispersante y suele ser un líquido polar. Se llama líquido polar al que se disuelve con más facilidad en agua que en benceno. En las emulsiones bituminosas la fase dispersante es agua y la dispersa es betún de penetración o betún fluidificado que no es más que resultado de la incorporación a un betún asfáltico, de fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del petróleo.⁽¹⁾

Si la emulsión se deja en reposo una vez fabricada, las partículas de betún se unen y se separan del agua. Para evitar este problema se incorpora un agente emulsionante, que envuelve las partículas de la fase dispersa y evitan su unión y por tanto la coagulación de la emulsión.

La función del emulsionante es triple:

- Facilitar la dispersión de las partículas de betún, con lo que se facilita la fabricación.
- Evitar la posterior aglomeración de las partículas al cargarla todas eléctricamente con la misma polaridad, haciendo así almacenable la emulsión.
- Facilitar la adhesividad a los áridos y la resistencia al desplazamiento por el agua tras la puesta en obra.

Cuando las partículas del ligante se vuelven a juntar para constituir una película continúa de betún se dice que la emulsión rompe. Si la emulsión se ha fabricado a partir de un betún fluidificado, hay que conseguir que se produzca primero la rotura y después el curado (volatilización de fluidificantes).⁽¹⁾

Al igual que la fluidificación, la emulsión tiene por objeto facilitar la puesta en obra del betún, e incluso poder trabajar con él en condiciones meteorológicas adversas, como la lluvia o el frío. Esto es posible debido a que las emulsiones bituminosas son productos líquidos a temperatura ambiente, con una viscosidad tan reducida que no suelen necesitar ningún tipo de calentamiento. Las emulsiones se dividen en dos tipos totalmente opuestos, según su polaridad como son: emulsiones aniónicas y emulsiones catiónicas. En función de la velocidad de rotura, las emulsiones se clasifican en tres tipos: de rotura rápida (R), rotura media (M) y rotura lenta (S).

2.3.1 Emulsiones aniónicas.

Las aniónicas o básicas tienen las partículas cargadas negativamente y su PH es mayor de 7. Son las más antiguas y tienen buena adherencia con los áridos calizos que se ionizan positivamente al estar húmedos y mala adherencia con los silíceos. Son de reducida aplicación porque requieren de condiciones ambientales favorables.⁽¹⁾

2.3.2 Emulsiones catiónicas.

Las catiónicas o ácidas tienen las partículas cargadas positivamente y su PH es menor de 7. Son de aparición más reciente, en general de rotura más rápida y tienen buena adherencia con los áridos silíceos y con la mayor parte de los calizos. Su utilización es más amplia ya que permite trabajar en condiciones ambientales menos favorables.⁽¹⁾

La tecnología ha sido de muy amplia aplicación en Francia, España, Estados Unidos y entre otros países, desde hace más de sesenta años, por lo cual ha avanzado en forma tal que brinda solución a los problemas comunes en pavimentación de vías secundarias, mantenimiento y recuperación de pavimentos asfálticos, en reemplazo de

tecnologías de asfaltos líquidos tales como la de riego múltiples, que ya han caído en desuso.⁽³⁾

Las emulsiones catiónicas son una alternativa económica, segura y ecológica para fines de pavimentación, ya que su manejo se realiza a temperatura ambiente y sin emisiones contaminantes.⁽⁴⁾

Las aplicaciones pueden ser diversas en función de la velocidad de rotura:⁽⁴⁾

- Tratamientos superficiales.
- Estabilización de suelo.
- Riegos de gravilla.
- Riego de liga.
- Mezcla fría en planta o “en situ”.
- Lechadas asfálticas.
- Slurry Seal.
- Tratamiento de fisuras.
- Micropavimentos.

Para la fabricación y aplicación de las emulsiones catiónicas se considera parámetros importantes que se especifican en tablas adjuntas en el documento, sección anexos.

2.4 Betunes modificados.

Los betunes modificados surgen para tratar de cubrir situaciones en las que el betún debe ofrecer una mejor respuesta a grandes cargas de tráfico, condiciones extremas agresivas, gran variabilidad térmica, etc. Con ellos se pretende mejorar ciertas características con respecto a los betunes convencionales, como la susceptibilidad térmica, reología, comportamiento mecánico y fluencia, adhesividad pasiva, resistencia al envejecimiento o una mayor durabilidad.

La composición de este tipo de productos tiene como ingrediente básico un betún de penetración o una emulsión bituminosa, al que se le incorporan aditivos de diversa naturaleza que modifiquen ciertas propiedades.

La inclusión de polímeros aumenta el coste inicial del betún, llegando a alcanzar hasta el doble del valor que otro convencional. Sin embargo, este sobrecoste queda ampliamente compensado a lo largo de la vida útil de la carretera, dado que este tipo de betunes reduce las operaciones de mantenimiento y alarga la vida de servicio del pavimento. Además, con los betunes modificados pueden ejecutarse capas de menores espesores que las ordinarias obteniendo unas prestaciones equivalentes, además de una reducción de costes.

3. PROPIEDADES DE LOS BETUNES ASFALTICOS

3.1 Densidad.

De 0.9 a 1.4 Kg/dm³, variando notablemente con la temperatura.

3.2 Penetración.

Es una medida de la consistencia del producto. Se determina midiendo en decimas de mm la longitud que entra una aguja normalizada en una muestra con condiciones especificadas de tiempo, temperatura y carga. Esto mide si el producto es líquido, semisólido o sólido. La consistencia varía con la densidad, disminuyendo la consistencia al aumentar la densidad.⁽¹⁾

3.3 Viscosidad.

Resistencia de un líquido a semilíquido a deformarse cuando está sometido a una fuerza cortante. Es consecuencia del rozamiento interno de las moléculas.⁽¹⁾

3.4 Susceptibilidad térmica.

Es la actitud que presenta un producto para variar su viscosidad en función de la temperatura. Los menos susceptibles son los oxidados, después los de penetración y los que más susceptibles son los alquitranes. Al enfriar el betún duro aumenta mucho más su viscosidad. Los betunes duros (con menor penetración) son más susceptibles.

3.5 Ductilidad.

Se mide por el alargamiento, antes de producirse la rotura, de una probeta de material bituminoso estirada por sus extremos con una velocidad constante. Es necesario que un material bituminoso pueda alargarse sin producirse grietas, pero una ductilidad excesiva no es conveniente (produce roderas). Para un mismo material la ductilidad crece al aumentar la temperatura. Para materiales distintos, pero del mismo tipo, la ductilidad aumenta cuando la penetración aumenta o cuando la viscosidad disminuye.

3.6 Punto de reblandecimiento.

Es una medida de la susceptibilidad térmica. El punto de reblandecimiento aumenta cuando aumenta la densidad y la penetración disminuye.⁽¹⁾

3.7 Índice de penetración.

Valor que da la susceptibilidad térmica de los betunes y se obtiene de otros dos ensayos: el punto de reblandecimiento y el de penetración.⁽¹⁾

Da una idea del tipo y las características reológicas de los betunes. Según el valor obtenido:

- Betunes normales > 2 , poca susceptibilidad térmica; cierta elasticidad.
- Betunes oxidados ± 2 , características intermedias.
- Betunes de cracking < 2 , mayor susceptibilidad térmica, breas o alquitranes.

3.8 Punto de inflamación.

Es la temperatura a la que arden los vapores del betún o alquitrán al aproximar a la superficie del material una llama de pruebas. Es interesante que este punto sea 25 o 30 °C por encima de la temperatura a la que se manipula el material.⁽¹⁾

3.9 Adherencia.

La adherencia de un material bituminoso a un árido mineral viene representada por la resistencia a despegarse uno del otro.

La presencia de humedad o polvo determina una ausencia de adherencia. Los productos bituminosos se adhieren bien a los materiales hidrófobos y mal a los hidrófilos.

3.10 Cohesión.

Indica la dificultad de una mezcla de un producto bituminoso y un árido para romperse por tracción sin que falle la adherencia entre el producto bituminoso y el árido.

3.11 Permeabilidad.

La impermeabilidad de los materiales bituminosos es una de sus características más típicas. Se debe ante todo a que la solubilidad del agua en dichos materiales es muy pequeña y además a la elevada viscosidad de estos productos.

3.12 Envejecimiento.

Los betunes se ponen en obra en estado plástico. Luego van endureciendo, aumentando la cohesión y crece la viscosidad y la dureza. Este fenómeno tiene lugar hasta llegar a una dureza determinada. A partir de ahí la cohesión disminuye y el producto se vuelve frágil, muy sensible a los esfuerzos bruscamente aplicados y a las deformaciones rápidas. Esto se debe a la acción de agentes materiales con el tiempo, como la evaporación y la oxidación.⁽¹⁾

3.13 Punto de fragilidad de Fraas.

Se aplica a los materiales sólidos o semisólidos y consiste en someter a una película del material bituminoso que recubre una placa de acero a ciclos sucesivos de flexión a temperaturas decrecientes. Se define como punto de fragilidad Fraas la temperatura en °C a la que, a causa de la rigidez que va adquiriendo el material, se observa la primera fisura o rotura en la superficie de la película.⁽¹⁾

4. APLICACIONES DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS

La principal aplicación de los materiales bituminosos y a la que se destina el mayor porcentaje de su producción, se realiza en el campo de la pavimentación de carreteras, formando lo que se ha dado en denominar firmes flexibles. Otra aplicación importante, por el gran papel que desempeña en la construcción aunque no por el consumo de productos, es la impermeabilización tanto de obras hidráulicas como de edificios.⁽¹⁾

4.1 Pavimentos de carreteras.

Se pueden considerar las siguientes aplicaciones de productos bituminosos a firmes de carreteras: riego sin gravilla (riego de imprimación, riegos de adherencia, riego de curado), riegos con gravilla, lechadas bituminosas y mezclas bituminosas en frío o en caliente.⁽¹⁾

4.2 Impermeabilizaciones.

Una de las aplicaciones más antiguas de los productos bituminosos ha sido la impermeabilización de obras frente al paso del agua procedente del terreno, de lluvia, contenida en depósito o tanques, así como en la protección de estructuras frente a la acción erosionante del agua en movimiento.⁽¹⁾

4.3 Sellado de juntas en pavimento de hormigón.

Los cambios dimensionales producidos en el hormigón por la retracción de fraguado y por variaciones de humedad y temperatura obligan a disponer juntas, pues si no se producen grietas. Estas deben ser impermeables. Para eso pueden usarse productos bituminosos que se adhieren perfectamente al hormigón. El material será dúctil y duradero.⁽¹⁾

5. ENSAYO DE PENETRACIÓN (ASTM D5-97; AASHTO T49-03)

Se trata de un método de ensayo empírico antiguo, que permite medir la dureza o consistencia del betún asfáltico. Consiste en la penetración de una aguja normalizada de 100 g. la cual se introduce en un recipiente con betún a una temperatura de referencia de 25 °C por un tiempo de 5 segundos, midiéndose después la penetración de la aguja en unidades de 0.1 mm.⁽⁵⁾

6. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO (ASTM D70-03; AASHTO T228-04)

El peso específico es la relación en peso para volúmenes iguales de betún y agua refinados ambos a la temperatura de 25 °C, su determinación comprende una muestra de betún a la temperatura del medio ambiente, este ensayo desempeña además un rol interesante en lo que respecta a la clasificación, permitiendo establecer si se trata de

betunes de petróleo o de yacimientos asfálticos lacustres. El peso específico del cemento asfáltico como subproducto de la destilación artificial del petróleo, rara vez excede de 1.04 gr/cm³.

Aunque normalmente no se especifique, es deseable conocer el peso específico de betún asfáltico. Este conocimiento es útil para hacer la corrección de volumen, cuando este se mide a temperaturas elevadas. Todos los líquidos y la mayor parte de los sólidos sufren cambios de volumen cuando varía la temperatura. Se expanden cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. Para fijar condiciones determinadas aplicables a un valor dado de peso específico, debe indicarse la temperatura del material y del agua. El peso específico del betún se determina normalmente por el método del picnómetro.⁽⁶⁾

$$\gamma = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

DONDE:

A = Peso del picnómetro + Tapón.

B = Peso del picnómetro + Tapón + agua.

C = Peso del picnómetro + Tapón + Asfalto.

D = Peso del picnómetro + Tapón + Asfalto + agua.

CONCLUSIONES.

1.- Los productos bituminosos son sustancias que se utilizan en la conformación de pavimentos, cumpliendo las funciones de aglomerantes, impermeabilizantes, de estabilización, proveer fijación y además incrementar la capacidad portante de los firmes.

2.- La utilización de los productos bituminosos es fundamental para la fabricación de pavimentos flexibles, los cuales proporcionan una superficie cómoda y duradera, además esta capa ayuda a reducir los esfuerzos transmitidos por los vehículos.

3.- La utilización de emulsiones catiónicas como alternativa de las mezclas asfálticas brinda una solución viable, por su menor costo y porque son ventajosamente más amigables con el medio ambiente, puesto que durante el proceso de preparación y en su aplicación, la cantidad de emisiones, vapores y consumo de energía es menor en comparación con las mezclas asfálticas convencionales.

REFERENCIAS.

1. Alberto VO. OpenCourseWare de la Universidad de Salamanca. [Online].; 25/03/2011 [cited 2015 10 05. Available from: <http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%207-%20MATERIALES%20BITUMINOSOS.pdf>.
2. Padilla Rodríguez A. UPCommons. Portal del coneixement obert de la UPC. [Online].; 25/10/2004 [cited 2015 10 06. Available from: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-13.pdf?sequence=13>.
3. VIANA. INDECO ASOCIADOS SAS. [Online].; 2012 [cited 2015 10 31. Available from: <http://indecocoasociados.com/wp-content/uploads/2012/09/Micropavimento-brochure-indeco-SAS-serv7.pdf>.
4. Silva Burga j. EPIVIAL. [Online].; 2012 [cited 2015 10 31. Available from: <http://www.epivial.com/descargas/tmd-asfaltos/asfaltosmodificados.pdf>.
5. Vías INd. unicauca.edu.co. [Online].; 07/05/2007 [cited 2015 10 12. Available from: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-706-07.pdf.
6. Vías INd. unicauca.edu.co. [Online].; 07/05/2007 [cited 2015 10 14. Available from: ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-707-07.pdf.
7. Vera Callao RP. Todo de Ingenieria Civil. [Online].; 18/11/2013 [cited 2015 10 12. Available from: <http://ingenieriacivilfacil.blogspot.com/2013/11/laboratorio-de-asfalto-determinacion.html>.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

NOMBRE: Juan Carlos Paladines Pardo

FECHA: Octubre de 2015

TEMA: Consistencia del cemento asfáltico

ENSAYO DE PENETRACIÓN
ASTM D5-97; AASHTO T49-03

OBJETIVO:

Determinar la dureza del cemento asfáltico de la planta de asfalto del Municipio de Machala.

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Con el extractor se coge una cantidad determinada de betún, la cual debe ser lo suficiente para realizar el ensayo; y se coloca en un recipiente metálico.
- 2.- Se coge el recipiente con el betún y se lo coloca en la estufa, encendemos la estufa para que comience a derretir el betún y con una cuchara meneamos constantemente, utilizando los guantes para evitar quemaduras hasta que se derrita por completo.
- 3.- Con un termómetro de capacidad de 240 °C se mide la temperatura con la que se encuentra; luego se apaga la estufa y se abaja el recipiente que contiene el betún, utilizando los guantes.
- 4.- Se coge los tres recipientes metálicos pequeños que estén limpios y secos, luego se comienza el vaciado del betún en los recipientes del ensayo en tres capas, dándole unos pequeños golpes por capa para hacer salir las burbujas de aire que se quedan atrapadas en el betún, de tal forma que este se llene.
- 5.- Se verifica que en la superficie del recipiente no queden burbujas, si las hubiere se procede a eliminarlas con fuego, pudiendo utilizar cualquier método para hacerlo como por ejemplo utilizando el fosforo y luego se deja enfriar unos minutos al ambiente.

6.- Se coge los platos de referencia – transferencia y se los llena con agua (temperatura ambiente); dentro de los platos con agua se colocan los recipientes metálicos los cuales deben quedar cubiertos con agua en su mayor parte, para lo cual utilizamos la pisceta y esto a su vez se los ubica en un sector que reciba el aire del ambiente o en un lugar donde se pueda enfriar más rápido hasta lograr obtener los 25 °C que es la temperatura que necesitamos para el ensayo.

7.- Con el termómetro de capacidad 60 °C se va midiendo la temperatura del agua que se encuentra en los platos de referencia – transferencia las veces que sea necesario hasta obtener los 25 °C, la cual será la misma para el betún que se encuentra en los recipientes metálicos.

8.- Se verifica que el penetrómetro se encuentre listo para realizar el ensayo.

9.- Primero se coge un recipiente y se lo ensaya, este debe ser colocado en la base o plato del penetrómetro; luego se ubica la aguja del aparato sobre la superficie de la muestra y se encera el dial de lectura de penetración.

10.- Se procede a realizar las penetraciones, estas deben hacerse en forma de cruz y diagonal en un promedio de siete penetraciones; las cuales deben realizarse en un periodo de 5 segundos y luego detener la penetración.

11.- Se toma las lecturas correspondientes de cada penetración que se realiza del dial y se procede a realizar los cálculos, este proceso se repite con las otras muestras; terminado los ensayos, de los valores obtenidos se selecciona cuatro valores que se encuentren intermedios y luego se promedia de entre las tres muestras, el valor obtenido será el resultado del ensayo; con esto se concluye el ensayo.

EQUIPOS Y/O MATERIALES:

PENETRÓMETRO.

Está constituido por un mecanismo que permite el movimiento vertical sin rozamiento apreciable de un vástago o soporte móvil al cual se puede fijar firmemente la aguja de penetración y que permite además la colocación sobre el mismo, de diferentes cargas suplementarias requeridas para el ensayo; además consta de un dial que deberá estar calibrado para dar directamente la lectura en unidades de penetración como lo es en decimas de milímetros, y debe ser capaz de indicar la profundidad de penetración con una aproximación de 0.1 mm. La masa del vástago será de 47.5 ± 0.05 g, y la masa total del conjunto móvil formado por el vástago juntamente con la aguja, de 50.0 ± 0.05 g.

Se deberá disponer igualmente de pesas individuales suplementarias de 50.0 ± 0.05 g y 100.0 ± 0.05 g para obtener otras cargas totales móviles de acuerdo con las condiciones del ensayo. El penetrómetro deberá estar provisto, además de una base de apoyo para la colocación del recipiente con la muestra, de forma plana y que forme un ángulo de 90 grados con el sistema móvil, así como de un nivel de burbuja y tornillos de nivelación.

El vástago se deberá separa fácilmente del conjunto del penetrómetro para verificar y ajustar correctamente su peso.

AGUJA DE PENETRACIÓN.

La aguja será de acero inoxidable endurecida y templada, (ASTM 440 °C o similar), con una dureza Rockwell HRC54 a HCR60, tendrá unos 50 mm de longitud y entre 1.00 y 1.02 mm de diámetro, con uno de sus extremos simétricamente afilado hasta formar un cono de ángulo comprendido entre 8°40´ y 9°40´ en toda su longitud.

RECIPIENTE O MOLDES PARA LA MUESTRA.

Los recipientes para las muestras serán de metal o de vidrio, de forma cilíndrica o fondo plano y con las siguientes dimensiones interiores:

- Penetración hasta 200: diámetro 55 mm, profundidad 35 mm
- Penetración entre 200 y 350: diámetro 55 mm, profundidad 70 mm

MEDICIONES Y/O CÁLCULOS:

DATOS OBTENIDOS EN ENSAYO			
Penetración	Muestra 1 (en 0,01 mm)	Muestra 2 (en 0,01 mm)	Muestra 3 (en 0,01 mm)
1	63	61	68
2	65	67	65
3	66	67	70
4	56	62	63
5	60	63	60
6	67	65	61
7	63	63	58
8	62	61	60
9	61	60	62
10	61	60	60

DATOS SELECCIONADOS DEL ENSAYO			
Penetración	Muestra 1 (en 0,01 mm)	Muestra 2 (en 0,01 mm)	Muestra 3 (en 0,01 mm)
1	63	61	65
2	65	62	63
3	66	63	61
4	62	65	62
PROMEDIO	64	63	63
PROMEDIO TOTAL = 63			

RANGOS PERMITIDOS DE DUREZA
Planta Municipio de Machala
60 - 70

FOTOS Y/O GRÁFICOS:



PENETRÓMETRO



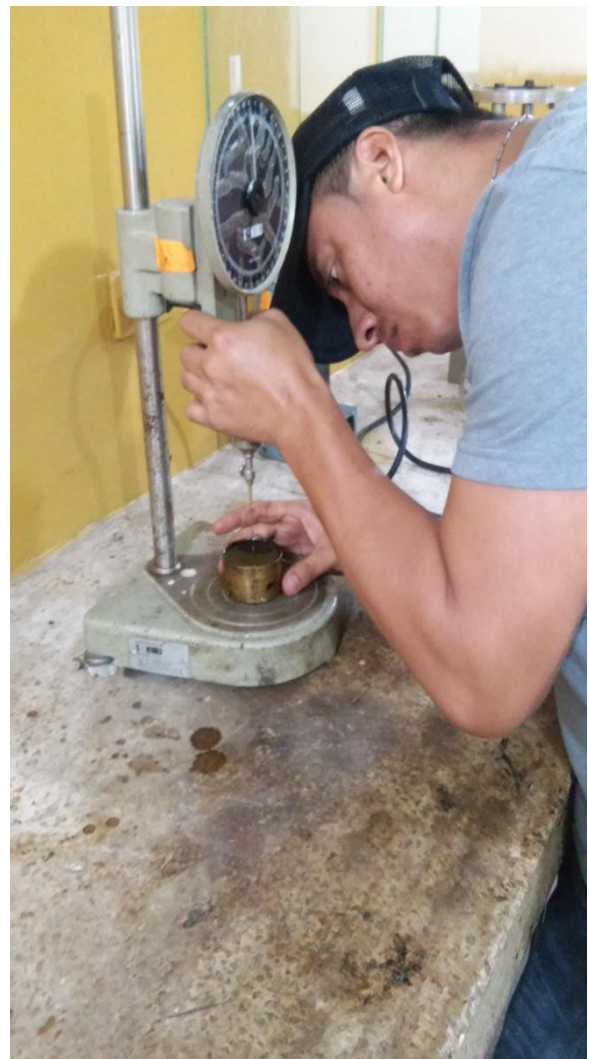
ESTUFA ELÉCTRICA



TERMÓMETRO DE 240 °C



PLATO DE REFERENCIA-TRANSFERENCIA Y
RECIPIENTE CON MUESTRA, TERMÓMETRO DE
MERCURIO 60 °C, PISCETA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

NOMBRE: Juan Carlos Paladines Pardo

FECHA: Octubre de 2015

TEMA: Peso específico del cemento asfáltico

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO

ASTM D70-03; AASHTO T228-04

OBJETIVO:

Determinar el peso específico del cemento asfáltico de la planta de asfalto del Municipio de Machala.

PROCEDIMIENTO:

- 1.-** Se coge la balanza de sensibilidad de 0.1 gramos y se la encera con respecto a la unidad con la que se ha de trabajar en los cálculos; se procede a pesar el picnómetro incluyéndole el tapón y se anota el peso, verificando que este se encuentre limpio y seco.
- 2.-** Se coge el picnómetro y se lo llena con agua limpia (potable) o destilada hasta que al colocarle el tapón salga una burbuja de aire por el orificio que tiene a lo largo del tapón; se lo seca por fuera y se procede a pesar, anotando el peso.
- 3.-** Se coge una cantidad determinada de betún asfáltico con el extractor verificando que se encuentre limpio de basura y de otras sustancias y se lo coloca en un recipiente metálico, esta cantidad debe ser lo suficiente para poder realizar el ensayo.
- 4.-** Se pone a calentar el recipiente con el asfalto en la estufa y con una cuchara se menea constantemente para que se derrita por completo.
- 5.-** Se coge el termómetro de capacidad de 240 °C y se comprueba la temperatura con la que se encuentra, ya que esta no debe exceder de los 110 °C.

6.- Se procede a bajar el recipiente con el asfalto diluido de la estufa utilizando los guantes y se comienza a llenar el picnómetro más o menos hasta la mitad, verificando que este se encuentre limpio y seco.

7.- Se deja reposar unos minutos al ambiente y luego se coloca al picnómetro con su tapón en el plato de referencia – transferencia, se llena con agua (temperatura ambiente) hasta que quede cubierto el picnómetro en la mayor parte.

8.- Se coge el plato de referencia – transferencia con el picnómetro incluido y se lo pone en dirección de una corriente de aire, de manera que nos ayude a enfriar hasta obtener la temperatura requerida para poder pesar.

9.- Se coge el termómetro de mercurio capacidad 60 °C y se chequea constantemente la temperatura en el agua que contiene el plato de referencia – transferencia hasta que obtengamos los 25 °C, lo cual es la temperatura que requerimos para pesar el picnómetro con el asfalto.

10.- Una vez obtenida la temperatura de 25 °C, cogemos y secamos por afuera el picnómetro y lo pesamos anotando ese peso.

11.- Una vez pesado el picnómetro con el asfalto, se le agrega agua limpia (potable) o destilada hasta que al colocarle el tapón salga una burbuja de aire por el orificio del tapón y nuevamente se procede a pesar el picnómetro con el asfalto más agua y se anota el peso obtenido; con todos los pesos anotados realizamos los cálculos necesarios para determinar el peso específico de la muestra, con esto damos por terminado el ensayo.

EQUIPOS Y/O MATERIALES:

PICNÓMETRO.

Recipiente de vidrio de forma cilíndrica o cónica, con boca esmerilada en la cual debe ajustar exactamente y sin fugas un tapón de vidrio de 22 a 26 mm de diámetro, en el centro del cual llevara un orificio de 1.0 a 2.0 mm de diámetro. La superficie superior del tapón será plana y pulida, la inferior tendrá forma cóncava para facilitar la expulsión del aire que se encuentra dentro del picnómetro, el cual tendrá una capacidad de 10 a 25 ml y una masa, incluido el tapón, no superior a 40 g. La altura de la sección cóncava deberá ser de 4.0 a 6.0 mm en el centro.

BALANZA.

Balanza con capacidad mínima de 150 g y precisión de $\pm 0.1g$.

MEDICIONES Y/O CÁLCULOS:

$$\gamma = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

DONDE:

A = Peso del picnómetro + tapón.

B = Peso del picnómetro + tapón + agua.

C = Peso del picnómetro + tapón + Asfalto.

D = Peso del picnómetro + tapón + agua + Asfalto.

$$\gamma = \frac{(37.94 - 23.53)}{(48.41 - 23.53) - (48.57 - 37.94)}$$

$$\gamma = \frac{14.41}{24.88 - 10.63}$$

$$\gamma = 1.011 \text{ gr/cm}^3$$

FOTOS Y/O GRÁFICOS:



PICNÓMETRO



BALANZA (Sens. 0.1gr)



TERMÓMETROS 240 °C



**PLATO
REFERENCIA – TRANSFERENCIA**



PISCETA



PARAMETROS QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA LA FABRICACION Y APLICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Tabla 3. Porcentajes de dosificación típicos para la preparación de una emulsión asfáltica

Ingredientes	Rangos de dosificación (%)			
	CRS	CMS	CSS	CQS
Asfalto	65	60	60 - 65	60 - 65
Emulsificante	0.1 - 0.25	0.4 - 0.6	1.5 - 2.5	0.8 - 1.8
Polímero (Aditivo) (sobre el peso del asfalto)	-	-	3	3
Agua	Hasta completar el 100% = $100 - \sum / \% \text{ Asfalto} + \% \text{ Emulsificante} + \% \text{ Polímero}$			
Ácido (HCl ó H ₃ PO ₄)	2 - 4	2 - 3	1.5 - 2.5	1.5 - 2.5
Fase jabonosa (Agua, Emulsificante y ácido)	100 - % Asfalto			

Métodos y Materiales. Volumen 2. Noviembre 2012

Tabla 2. Clasificación de las emulsiones asfálticas

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

Emulsiones Asfálticas. Instituto Mexicano del Transporte. Marzo 2005

Tabla 3. Requisitos de Calidad para Emulsiones Asfálticas Aniónicas

Características	EAR-55	EAR-60	EAM-60	EAM-65	EAL-55	EAL-60	EAI-60
Contenido Asfalto	55	60	60	65	55	60	60
Viscosidad S-F (25 °C)	5	--	--	--	20	20	5
Viscosidad S-F (50 °C)	--	40	50	25	--	--	--
Asentamiento (5 días)	5	5	5	5	5	5	5
Retenido en Malla 20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pasa 20 Retiene 60	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubre Agregado Seco	--	--	90	90	90	90	--
Cubre Agregado Húmedo	--	--	75	75	75	75	--
Miscible Cemento Portland	--	--	--	--	2	2	--
Carga de las Partículas	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Demulsibilidad	60 min	50 min	30 max	30 max	--	--	--

Emulsiones Asfálticas. Instituto Mexicano del Transporte. Marzo 2005

Tabla 4. Requisitos de Calidad para Emulsiones Asfálticas Catiónicas

Características	ECR-60	ECR-65	ECR-70	ECM-65	ECL-65	ECI-60	ECS-60
Contenido Asfalto	60	65	68	65	65	60	60
Viscosidad S-F (25 °C)	--	--	--	--	25	5	25
Viscosidad S-F (50 °C)	5	40	50	25	--	--	--
Asentamiento (5 días)	5	5	5	5	5	5	5
Retenido en Malla 20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pasa 20 Retiene 60	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubre Agregado Seco	--	--	--	90	90	--	90
Cubre Agregado Húmedo	--	--	--	75	75	--	75
Carga de las Partículas	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Disolvente (Vol.)	--	3	3	5	--	15	--
Índice de Ruptura	<100	<100	<100	80 - 140	>120	--	>120

Emulsiones Asfálticas. Instituto Mexicano del Transporte. Marzo 2005

Tabla 6. Especificaciones adicionales de las Emulsiones Asfálticas Catiónicas

CARACTERÍSTICAS	NORMA S.C.T.	EMULSIÓN RÁPIDA		EMULSIÓN MEDIA		EMULSIÓN LENTA	
		RR - C1	RR - C2	RM - C1	RM - C2	RL - C1	RL - C2
Viscosidad SayboltFurol A 25 °C en seg. A 50 °C en seg.	011-G.11	>20	>80 >20	>20	>20	>20	>20
Viscosidad Brookfield A 25 °C en CP A 50 °C en CP	ASTM D-4402	>40	>160 >40	>40	>40	>40	>40
Determinación del Residuo Asfáltico: Destilación % Mínimo Evaporación % Mínimo	011-G.09 011-G.10	60 60	63 63	60 60	63 63	63 63	60 60
Sedimentación en Almacén en 24 hrs. % Máximo a 25 °C NOTA 1	ASTM D-244	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0
Retenido en malla 0.85 mm. % máximo	011-G.13	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Carga eléctrica de la Partícula	011-G.03	POSITIVA					
Tiempo en que tarda en descargar la partícula en Minutos a 50 °C	AMFE	<2	<2	>12	>12	>25	NOTA 2
Carga activa de la Partícula NOTA 3	AMFE	Obscura	Obscura	Café	Café	Beish	Sin color
Miscibilidad en agua	ASTM D-244	Negativa	Negativa	POSITIVA			
Determinación del Potencial de hidrógeno (Ph) máximo	011-F.04	<4	<4	<4	<4	<4	<4

Emulsiones Asfálticas. Instituto Mexicano del Transporte. Marzo 2005

LECHADAS ASFÁLTICAS (SLURRY SEAL)

Usos granulométricos para SlurrySeal

Tamaño de tamiz	Tipo I Porcentaje pasante	Tipo II Porcentaje pasante	Tipo III Porcentaje pasante	Tolerancia
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
# 4 (4.75 mm)	100	90 - 100	70 - 90	+/- 5 %
# 8 (2.36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70	+/- 5 %
# 16 (1.18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50	+/- 5 %
# 30 (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34	+/- 5 %
# 50 (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25	+/- 4 %
# 100 (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18	+/- 3 %
# 200 (75 um)	10 - 20	5 - 15	5 - 15	+/- 2 %

Javier Burga. Departamento Técnico. Tecnología de Materiales S. A. Abril 2012

Tasa referenciales y tipo según localización del proyecto.

Tipo de agregado	Ubicación	Tasa de aplicación sugerida
Tipo I	Áreas de parqueo Calles urbanas y residenciales Pistas de aeropuertos	8 - 12 lb/yd ² (4.3 - 6.5 kg/m ²)
Tipo II	Calles urbanas y residenciales Pistas de aeropuertos	12 - 20 lb/yd ² (6.5 - 10.8 kg/m ²)
Tipo III	Rutas principales e interestatales	18 - 30 lb/yd ² (9.8 - 16.3 kg/m ²)

Javier Burga. Departamento Técnico. Tecnología de Materiales S. A. Abril 2012

TRATAMIENTO SUPERFICIAL (RIEGO DE GRAVILLA)

Cantidades aproximadas de materiales para Tratamiento Superficial Múltiple.

Secuencias de Operaciones (1)	Tipo de Tratamiento			
	TME1	TME2	TME3	TME4
<u>Primera Capa</u> Aplicar material asfáltico(L/m ²) Distribución agregados:(kg/m ²) Gradación C Gradación B Gradación A	1.8 – 2.0 11 – 13	1.3 – 1.5 15 – 17	1.8 – 2.0 17 – 19	2.0 – 2.3 19 – 21
<u>Segunda Capa</u> Aplicar material asfáltico(L/m ²) Distribución agregados:(kg/m ²) Gradación D Gradación C	1.0 – 1.2 4 – 6	1.0 – 1.2 3 – 5	1.0 – 1.0 7 – 9	1.0 – 1.2 9 – 11
<u>Tercera Capa</u> Aplicar material asfáltico(L/m ²) Distribución agregados:(kg/m ²) Gradación D		1.0 – 1.2 3 - 5	1.0 – 1.2 3 - 5	1.0 – 1.2 4 - 6

Javier Burga. Departamento Técnico. Tecnología de Materiales S. A. Abril 2012

Usos granulométricos para tratamientos superficiales.

Tamiz	Porcentaje que pasa Tipo de Material			
	A	B	C	D
25.0 mm (1")	100	-	-	-
19.0 mm (3/4")	90 – 100	100	-	-
12.5 mm (1/2")	10 – 45	90 – 100	100	-
9.5 mm (3/8")	0 – 15	20 – 55	90 – 100	100
6.3 mm (1/4")	-	0 – 15	10 – 40	90 – 100
4.75 mm (N° 4)	0 – 5	-	0 – 15	20 – 55
2.36 mm (N° 8)	-	0 – 5	0 – 5	0 -15
1.18 mm (N° 16)	-	-	-	0 - 5

Javier Burga. Departamento Técnico. Tecnología de Materiales S. A. Abril 2012

EXTENDIDO DE MICROPAVIMENTO



Javier Burga. Departamento Técnico. Tecnología de Materiales S. A. Abril 2012

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO PRACTICO DE GRADO.docx (D16353074)

Submitted: 2015-11-24 05:59:00

Submitted By: jpaladinespardo@hotmail.com

Significance: 6 %

Sources included in the report:

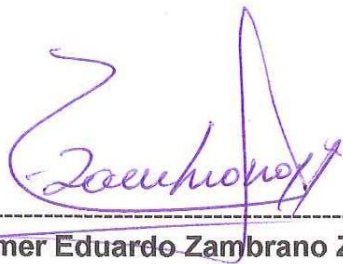
1424631891_282__Hormigon%252Basf%2525C3%2525A1ltico.pdf (D13960693)

Tesis CA Jomayra Jaramillo y Gabriela Burgos 2015.docx (D15921699)

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-13.pdf?sequence=13>.

Instances where selected sources appear:

13



Ing. Wilmer Eduardo Zambrano Zambrano

C.I. 0701139941

E-mail: wzambrano@utmachala.edu.ec

DOCENTE UNIDAD ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL