CLASIFICACIÓN DE LA MADERA

Cuando un tronco de madera es aserrado se obtienen piezas de diferente calidad y apariencia, con un amplio rango de resistencia, utilidad y valor.

Por tal motivo se necesita realizar una clasificación de la madera basada en el tipo, tamaño, número y localización de características que pueden disminuir su resistencia, durabilidad y utilidad.

En general, la madera se puede clasificar:

a. MADERA ESTRUCTURAL: Requiere un proceso de análisis y diseño estructural; se clasifica atendiendo a sus propiedades mecánicas y uso de las piezas aserradas.

b. MADERA COMERCIAL: Se clasifica en diferentes grupos teniendo en cuenta solamente su apariencia y características físicas, sin importar sus propiedades mecánicas; se utilizan en trabajos generales de construcción.

c. MADERA DE ELABORACIÓN: Se usa en la carpintería y ebanistería para hacer puertas, marcos y otras piezas.

En nuestro medio se clasifican las maderas en livianas y pesadas; teniendo en cuenta su peso, se considera una densidad de 0,6 g/cm^3 para hacer la división. En los depósitos la calidad de la madera se evalúa cualitativamente para hacer la venta.

Las maderas livianas se emplean para obras temporales como formaletas, obras falsas, etc. Su durabilidad es moderada y son susceptibles al ataque de insectos; se les conoce con el nombre de "Madera común". A este grupo pertenecen: el arenillo, laurel, soto, sajo, la cañabrava, etc.

Las maderas pesadas se utilizan para la construcción de obras permanentes como muelles, puentes, estructuras, etc. Su durabilidad es alta o muy alta pues son resistentes a casi todos los agentes destructores. A este grupo pertenecen el abarco, chanul, sapón, comino, etc.

También hay otros dos grupos, la madera de "banco" que se emplea en carpintería como el cedro, el nogal, etc y la "decorativa" como el roble, guayacán, etc.

Como la resistencia de la madera estructural no sólo varía con el tipo de carga a que se somete y con la dirección de las fibras y la presencia de nudos, sino también con el tamaño de las piezas y la forma en que se emplean, es necesario clasificarla de acuerdo a su tamaño y uso, así:

a) Viguetas y tablones: piezas de sección transversal, rectangular con dimensiones nominales de 5 a 10 cm por 10 cm o mas de ancho. Se emplean para resistir esfuerzos de flexión, como viguetas cargadas sobre su canto o tablones cargados sobre su cara ancha. También pueden utilizarse para sufrir esfuerzos de compresión o de tracción. En el comercio se consigue el tablón de 3x28 cm y la vigueta de 6x13, 4x13 y 4x11 cm, todos de 3 m de largo.

b) vigas: piezas grandes de sección transversal, rectangular con dimensiones nominales de 13x20 cm y mayores usadas para resistir esfuerzos de flexión cuando se cargan sobre su canto.

c) postes y columnas: piezas de sección transversal cuadrada o casi cuadrada; también hay redondas con dimensiones nominales de 13x13 cm y mayores, utilizadas esencialmente como postes o columnas, pero se adaptan a fines diversos. En el comercio de consiguen de 13x13 cm, 11x11 cm, 8x8 cm y 6x6 cm.

d) tablas estructurales: piezas con una dimensión nominal de 5 cm y de cualquier ancho. En el comercio se consiguen de 4x28 cm, de 6x24 cm, 3x28 cm. Conviene aclarar que las piezas de madera estructural se especifican por sus dimensiones nominales, que son las que las identifican comercialmente. Después del proceso de reaserrado (corte y cepillado) y del secado de las piezas, las dimensiones se reducen a los valores netos reales, que son los que deben utilizarse en todos los cálculos de diseño. El cepillado reduce las dimensiones entre 0,5 cm y 1,3 cm.

Cada clase estructural puede ser dividida, a su vez, en grados de calidad que dependen de la mayor o menor cantidad de defectos de las piezas y de su efecto reductor sobre la resistencia de las mismas.

De esta manera, el grado de calidad asignado a la madera estructural se debe fundamentar en un proceso de selección, clasificación y ensayo del material ya aserrado y listo para su utilización.

DEFECTOS EN LA MADERA

Se considera defecto cualquier irregularidad o imperfección que afecte las propiedades físicas, mecánicas y/o químicas, determinando una limitación en el uso de la madera.

Los defectos de acuerdo a su origen se pueden clasificar en:

a. defectos por constitución anatómica: Se refieren a la constitución anatómica de una pieza de madera. No son controlables; sólo se pueden evitar seleccionando y analizando las características generales de la especie antes de cortar el árbol, o aserrando la pieza de madera, de tal forma que se encuentren dentro del rango de tolerancia.

Entre los principales defectos de este tipo están: La densidad liviana, el duramen quebradizo, la corteza incluida, las bolsas de resina, la fibra o grano inclinado y los nudos, estos son los mas importantes porque interrumpen la dirección del grano y causan grano atravesado con pendiente fuerte. El efecto de un nudo sobre la resistencia depende de la proporción de la sección transversal ocupada por el nudo, de su localización y del tipo de solicitación a que se somete la pieza; por tanto se debe limitar el tamaño de los nudos al ancho de la cara donde aparece y a su localización en dicha cara.

b. defectos por agentes biológicos: Son controlables y para evitarlos debe emplearse especies que presenten una buena y alta durabilidad natural.

Los principales defectos de este tipo son:

-Pudrición: desintegración de la sustancia leñosa por efecto de los hongos. Se reconoce porque la madera se hace blanda, esponjosa y se desmorona. El aire, la humedad y una temperatura favorable propician el crecimiento de los hongos. La pudrición de la celulosa es de color castaño; en cambio la de la lignina es clara.

Ya que es difícil determinar el alcance de la pudrición, en madera estructural no se tolera ningún tipo de pudrición.

-Acañonado: hueco aproximadamente cilíndrico como consecuencia de la pudrición castaña.

-Perforaciones: agujeros con diámetros mayores de 3 mm, se denominan "perforaciones grandes" producidas por insectos o larvas; se permite un número limitado de ellas por metro lineal en la albura. Las "perforaciones pequeñas" son menores o iguales a 3 mm se permite un número máximo de ellas por cm^2.

c. defectos por transporte, aserrado y almacenamiento: ocasionados por las deficiencias manuales o mecánicas durante estas operaciones; se controlan utilizando mano de obra calificada y dando buen mantenimiento a la maquinaria y equipo utilizado en el proceso. Entre los principales defectos de este tipo tenemos:

-Desgarramiento: rompimiento que se produce en la base del tronco al ser cortado o taladrado y que da origen a rajaduras longitudinales.

-Fractura o falla de compresión: deformación de las fibras de la madera como resultado de compresión o flexiones excesivas en árboles en pie, causadas por su propio peso o por el viento o en árboles mal apilados.

Las fallas de compresión se aprecian en las superficies bien cepilladas como arrugas finas transversales al grano de la pieza; crean zonas de poca resistencia mecánica.

• Arista faltante: falta de madera en una o mas aristas de la pieza debido a existencias de corteza o a la falta de madera al aserrar la pieza. Se permite con una longitud máxima de 50 cm y de un perímetro no mayor de 5 cm.

• Picada: depresión en la superficie de la pieza, producida por un corte anormal.

•Mala escuadría: Variación máxima en las dimensiones de una pieza de madera en relación a las dimensiones que se especifican. Para piezas de hasta 50 mm de espesor se admiten hasta + 2mm en el espesor y + 4 mm en el ancho. Para piezas de mas de 50 mm de espesor se admite hasta + 5 mm en el espesor y en el ancho.

d. defectos por secado: ocasionados por las deficiencias en sistemas de apilado y almacenamiento de las piezas al secarse al aire, o por un mal programa de secado al horno. Los defectos del secado dependen del tamaño de la pieza y de la velocidad del secado. Los defectos mas comunes son:

-Grietas: ocasionadas por un secado muy rápido durante las primeras etapas, o como consecuencia de un secado irregular a lo largo de las piezas. Son separaciones de los elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos caras de una pieza aserrada.

La grieta debida a la separación de dos anillos anuales, se denomina "acebolladura". Esta grieta reduce la resistencia al cortante, pero en miembros sujetos a tracción o compresión, no los afecta mayormente; sin embargo, se debe evitar el uso de maderas con ella, ya que pueden permitir la entrada de agua que favorece la pudrición.

-Grietas radiales o rajaduras: separaciones de los elementos de la madera que se extienden en la dirección del eje de la pieza y afectan totalmente su espesor. Se observan como separaciones del tejido leñoso en la dirección del grano se permiten sólo en uno de los extremos de la pieza y de una longitud no mayor al ancho de la misma.

-Endurecimiento superficial: estado de tensión en una pieza, originado por la compresión en las capas externas y tracción en la parte interna, que se presenta por inadecuadas condiciones de secado.

-Colapso: reducción de las dimensiones de la madera que ocurre durante un secado sobre el punto de saturación de fibra, debido a un aplastamiento de sus cavidades celulares; se observa como un corrugado de la superficie.

-Alabeos: deformaciones que pueden experimentar una pieza de madera por las curvaturas de sus ejes longitudinal o transversal o de ambos. Los alabeos pueden ser:

- Abarquillado: las aristas o bordes longitudinales no se encuentran al mismo nivel de la zona central. En madera estructural no se permite este defecto.
- Arqueadura: alabeo en dirección paralela a la dimensión mayor de la sección. Se permiten 3 cm por cada 300 cm de longitud o su equivalente.
- Encurvadura: Se presenta cuando se alabean los cantos en la dirección longitudinal. Se permite 1 cm por cada 300 cm de su longitud o su equivalente.
- Torcedura o revirado: los extremos de la pieza giran en direcciones opuestas; se permiten cuando son poco pronunciados.

BIBLIOGRAFÍA

Bull Publishing Consultants Limited. "Las plantas. El mundo de la botánica". Círculo de Lectores. Santafé de Bogotá. 1986.

FERNÁNDEZ, Rosalba. "Materiales estructurales en las obras civiles. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil. Popayán 1992.

JARAMILLO PLITT, José. "Manual de prácticas de botánica". Universidad de Caldas, Facultad de educación. Departamento de biología y química. Sección Biología. Manizales. (mimeografiado).

Junta del Acuerdo de Cartagena. "Manual del grupo andino para la preservación de las maderas". Colombia 1988.

LASTRA, José Anatolio. "Aspectos generales sobre la estructura anatómica, propiedades físico-mecánicas y secado de la madera". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería Forestal. Bogotá 1984.

PATIÑO, Federico Humberto. "La madera". Universidad del Valle. División de Ingeniería. Departamento de mecánica de sólidos y materiales. 1980 (mimeografiado).

WEIR, José Alfredo. HERNÁNDEZ, José Ignacio. Tesis "Características, resistencias y usos de algunas maderas colombianas". Universidad Nacional de Colombia. Seccional de Medellín. Facultad Nacional de Minas. Ingeniería Civil Medellín. 1982.

CAPÍTULO 6

LOS ASFALTOS

INTRODUCCIÓN

El asfalto, es sin lugar a dudas, el material mas versátil y universal por el gran número de aplicaciones que permiten dar solución a buena cantidad de problemas en la construcción.

Los arqueólogos han determinado que las civilizaciones asentadas a lo largo del río Eufrates, usaban el asfalto como material aglutinante en sus construcciones hace 5800 años. Los egipcios, en el año 2500 A.C, también usaron el asfalto. Lo extraían de depósitos naturales; en la actualidad la mayor cantidad de asfalto utilizado es producto de la destilación fraccionada del petróleo; se emplean mucho menos, los asfaltos provenientes de yacimientos naturales como el del Lago Trinidad (Venezuela).

El asfalto tiene particular interés porque es un material fuertemente cementante, altamente adhesivo, impermeable y durable. Es una sustancia termoplástica que proporciona flexibilidad controlable a las mezclas de agregados con las cuales se combina. Además es muy resistente a la acción de la mayor parte de los álcalis, ácidos y sales. Con el calor, disolviéndolo en derivados del petróleo, o emulsificándolo en agua, puede pasar del estado sólido al líquido.

Se utiliza actualmente en la construcción de pavimentos, para cumplir funciones aglomerantes, impermeabilizantes y estabilizadoras.

La estructura de los pavimentos flexibles está conformada por subrasante, sub-base, base y capa de rodadura, que requiere, el uso de material asfáltico para proteger las capas inferiores impermeabilizando la superficie e impidiendo la circulación de aguas lluvias a través de ella; conservar los agregados en el lugar donde se colocan, ya que los cementa, limitando el desplazamiento de las partículas por los vehículos o por los agentes externos; incrementar la capacidad de soporte de la capa de rodadura; eliminar las molestias del polvo. Todo lo cual en su conjunto proporciona una superficie cómoda y durable a los usuarios de la vía.

En algunas ocasiones se utiliza el asfalto para estabilizar la capa de base dando así una mayor resistencia a la estructura del pavimento; este proceso constructivo es utilizado en países ricos porque incrementa los costos de la obra.

DEFINICIÓN

El asfalto es una sustancia de color oscuro que puede ser líquida, sólida o semisólida, compuesta esencialmente de hidrocarburos solubles en sulfuro de carbono en su mayor parte, proveniente de yacimientos naturales o que se obtiene como residuo del tratamiento de algunos crudos de petróleo por destilación o por extracción.

CLASIFICACIÓN DE LOS ASFALTOS

- ASFALTOS
  - NATURALES
    - ALTO CONTENIDO DE ASFALTO
      - GILSONITA
      - GRAHAMITA
      - GLACE PITCH
    - MEDIO CONTENIDO DE ASFALTO
    - BAJO CONTENIDO DE ASFALTO
  - DESTILADOS DEL PETROLEO
    - CEMENTO ASFÁLTICO O DE PENETRACIÓN
    - ASFALTOS OXIDADOS
    - ASFALTOS LIQUIDOS
      - CURADO LENTO
      - CURADO MEDIO
      - CURADO RÁPIDO
    - EMULSIONES

Asfaltos Naturales o asfaltitas

El asfalto es un componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución. Por procesos de destilación se separan los diferentes hidrocarburos presentes en el petróleo y se recupera el asfalto como producto residual. Cuando este proceso se efectúa en forma natural, da origen a los diferentes yacimientos naturales de asfalto. Por acciones volcánicas en la profundidad, el efecto de contacto y el calor expedido por masas ígneas, se produce la expulsión de las sustancias bituminosas de los estratos inferiores, sustancias que suben en forma de gases aprovechando las grietas, fallas y planos de debilidad de las rocas y se condensan y acumulan en las capas más superficiales en forma de bitumen líquido (petróleo crudo), el cual, después de un largo período de oxidación se convierte en asfalto. Este procedimiento conlleva a que el bitumen se mezcle con los materiales que se encuentren en la zona en el momento en que el fluido mana del fondo de la tierra, contaminándose con sustancias extrañas o mezclándose con partículas minerales y agua.

En general el asfalto natural es un mineral de la familia de los hidrocarburos, sólido, semisólido o pastoso, de color negro brillante.

Clasificación

Existe una gran variedad de depósitos de asfalto natural, aunque se pueden separar en tres grandes grupos:

Asfaltos con alto contenido de bitumen

Dentro de este grupo están clasificados los asfaltos sólidos o asfaltitas. Poseen un contenido de bitumen mayor del 80%, se encuentran en forma de vetas y bolsas que atraviesan generalmente estratos del cretáceo con espesores de pocos centímetros hasta varios metros, contienen pocas impurezas o materia orgánica insoluble, y presentan un alto contenido de asfaltenos. Sus puntos de ablandamiento son altos, mayores de 132°C. Los solventes son muy escasos debido, tal vez a su formación metamórfica; gracias a las grandes presiones y temperaturas, la pérdida de éstos es casi total. Según sus características físicas se agrupan en tres tipos:

1. Gilsonita: Es uno de los asfaltos nativos de mayor pureza; posee baja gravedad específica, bajo carbón fijo y bajo contenido de azufre.

2. Grahamita: Presenta un alto contenido de carbón fijo; al aplicarle calor se hincha pero no se funde. Su color en polvo es más negro que las demás asfaltitas.

3. Glace Pitch: Es un intermedio entre la gilsonita y la grahamita. Tienen un punto de fusión y gravedad específica más altos.

Asfaltos con medio contenido de bitumen

Generalmente se presentan como un depósito de afloramiento, de unos pocos metros cuadrados o en extensiones que abarcan varias hectáreas (Lagos de asfalto). Contienen bitumen en proporción del 15% al 80% y se encuentran asociados con materiales pétreos tipo gravas, arcillas, arenas y materia orgánica. Tal vez sean los asfaltos más conocidos, como el del lago Pitch Lake que se encuentra en la Isla Trinidad (Antillas Occidentales). Este depósito consta de un 54% de bitumen natural, 36% de materia mineral y un 10% de agua y materia orgánica. Debido a que la composición y propiedades del lago son notablemente consistentes, esto ha fomentado su uso particularmente en mezclas de especificación precisa para capas de rodamiento en carreteras.

Asfaltos con bajo contenido de bitumen

Áridos (rocas y suelos) asociados con proporciones reducidas de productos bituminosos (Rocas asfálticas). Estos depósitos normalmente consisten en vetas, bolsas o impregnaciones de estratos, por lo general areniscas, con espesores de pocos centímetros hasta varios metros. Con menos frecuencia se han encontrado asociados con pizarras y lutitas algo calcáreas o en intercalación de depósitos de calcita. La proporción de bitumen es menor que la existente en un lago de asfalto y generalmente varía entre el 3% y el 15%, aunque puede llegar hasta el 40%.

El asfalto natural de Norcasia (Caldas) pertenece a éste grupo.

ASFALTOS NATURALES DE COLOMBIA

En el país, existe una gran cantidad de yacimientos de mezclas asfálticas naturales. En ocasiones estos depósitos asfálticos presentan alta variabilidad en el contenido del ligante bituminoso, la granulometría de los agregados, o la existencia de otras sustancias, lo cual dificulta su empleo eficiente. Se identifican depósitos principalmente en los departamentos de Boyacá, Caquetá, Caldas, Cundinamarca y Tolima. Así mismo, se encuentran yacimientos de asfaltita en los departamentos de Santander y Cesar. En Colombia actualmente solo se explotan algunas minas.

Asfaltos destilados del petróleo

Casi todos los asfaltos que se producen y utilizan actualmente proceden de la refinación del petróleo. El asfalto derivado del petróleo es llamado algunas veces asfalto residual (residuo de la destilación del petróleo) para distinguirlo de los asfaltos naturales.

La producción total de asfalto producido en las tres refinerías colombianas, asciende a 5000 barriles/día.

Hoy en día, es necesario tener un amplio conocimiento de la constitución química del crudo del petróleo, ya que ésta regirá las propiedades químicas del asfalto conocimiento que será de gran ayuda en el control de la función que va a cumplir en la vía.

Para muchos técnicos parece ser innecesario el estudio de la composición química de los materiales, y sólo hacen referencia a sus propiedades físicas y mecánicas mas directamente relacionadas con su aplicación directa. Se ha demostrado a través de los años, que los diferentes problemas que se presentan durante el diseño y la construcción de la estructura de un pavimento se debe principalmente al desconocimiento de sus propiedades químicas. Para lograr un manejo óptimo de cualquier material se hace necesario que se le conozca completamente mediante el estudio de todas y cada una de sus propiedades.

La composición química del crudo del petróleo va a regular las propiedades físicas y reológicas de los asfaltos obtenidos.

Componentes químicos del petróleo:

Pueden clasificarse así:

a. HIDROCARBUROS: Son los compuestos mas importantes del petróleo, se componen de átomos de carbono unidos entre sí con enlaces sencillos, dobles y triples y cuyas valencias libres se saturan con átomos de hidrógeno.

Existen dos grandes grupos de hidrocarburos:

1. Los de cadena abierta o acíclicos, que a su vez pueden ser saturados y no saturados; saturados si todos los enlaces entre los átomos de carbono son simples. Se denominan «parafinas» o alcanos; se caracterizan químicamente por su gran estabilidad.

Los hidrocarburos acíclicos no saturados son aquellos que tienen en la cadena uno o mas enlaces dobles o triples; cuando tienen un sólo doble enlace se llaman alquenos u oleofinas; tienen una gran tendencia a combinarse químicamente con otras sustancias y a polimerizarse.

2. Hidrocarburos de cadena cerrada o cíclicos: en los cuales la cadena de átomos de carbono se cierra formando anillos. Los hidrocarburos cíclicos saturados se denominan "naftenos"; tienen propiedades similares a las de las parafinas sin embargo tienen una mayor densidad y punto de ebullición mas elevado.

b. COMPUESTOS OXIGENADOS: Pueden existir o presentarse por oxidación.

c. COMPUESTOS DE AZUFRE: Son indeseables en los productos derivados pues no sólo tienen un olor desagradable sino que provocan corrosión.

d. COMPUESTOS NITROGENADOS: Existen en cantidades insignificantes, del orden del 0,05% al 0,5%.

e. COMPUESTOS ASFALTICOS Y RESINOSOS: contienen oxígeno, azufre y a veces nitrógeno; poseen carácter plástico que hace muy difícil su identificación; algunos de estos componentes son los asfaltenos sólidos y las resinas neutras.

OBTENCIÓN DEL ASFALTO

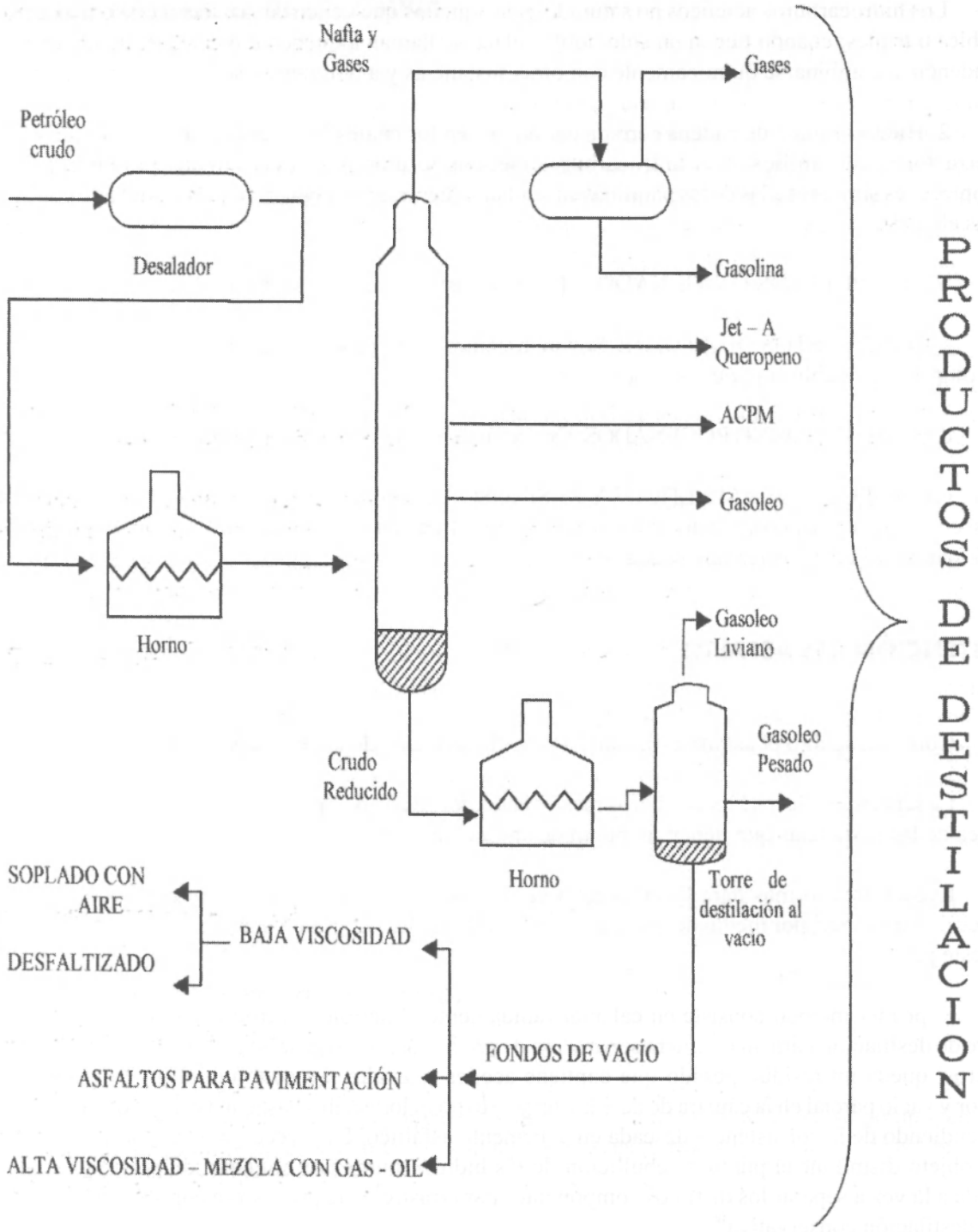
Como ya se dijo el asfalto utilizado hoy en día proviene de la destilación del petróleo.

La separación de los hidrocarburos mas livianos del petróleo es posible, recurriendo a la propiedad física de las sustancias que tienen un punto de ebullición definido.

Existen tres formas para llevar a cabo el proceso de destilación, que son: con vacío parcial e inyección de vapor; por medio de solventes, y por craking. En la figura No.20 se muestra un diagrama de este proceso.

El primer método consiste en calentar rápidamente el petróleo, introduciéndolo luego en una torre de destilación para una primera separación de productos, como gasolina, nafta, kerosene y aceites ligeros; queda un residuo pesado que contiene aceites y asfalto. Se continua el proceso aplicando vapor y vacío parcial en la cámara de destilación y se extraen los aceites hasta una cantidad determinada, dependiendo de la consistencia deseada en el cemento asfáltico. La inyección de vapor de agua tiene por objeto disminuir el punto de ebullición de los hidrocarburos por el efecto de presión parcial, y ayuda a la vez a separar los distintos componentes por arrastre. Este proceso se conoce con el nombre de "destilación conservativa".

El tratamiento con solvente se usa para extraer cantidades adicionales de aceites con alto punto de ebullición, utilizados en la fabricación de aceites lubricantes. Los asfaltos obtenidos por este método tienen una alta proporción de productos aromáticos y menor de parafínicos; son mas frágiles y duros que los obtenidos por el proceso de vapor evasivo.



Fuente: Hugo León Arenas Lozano. Ing. Civil

FIGURA Nº 20. DESTILACIÓN DEL CRUDO

El tercer proceso es el de craking, utilizado para obtener mayor cantidad de gasolina en la destilación; consiste en aplicar temperatura y presión elevadas, para producir cambios químicos en las moléculas de mayor peso. El residuo asfáltico de este proceso, no sirve para pavimentos porque en obra envejece mas rápido que los otros residuos.

El asfalto obtenido por craking presenta las siguientes características: superficie mate y no brillante peso específico es mas alto que el de un asfalto con la misma penetración y de la misma fuente. En el ensayo de solubilidad en tetracloruro de carbono da un 0,5% o mas de un residuo negro, semejante al carbono. En el ensayo de la mancha el resultado es positivo.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Un conocimiento de la constitución química de los asfaltos ayuda a controlar sus propiedades químicas y físicas, permitiéndole adecuarla a las funciones que va a desarrollar en la vía.

Al igual que el petróleo crudo, es una mezcla de numerosos hidrocarburos, combinados en proporciones diferentes. La mayoría están presente en el petróleo crudo pero el proceso de refinación da lugar a cambios en su estructura molecular. Como los hidrocarburos livianos se eliminan durante ese proceso, la gran mayoría de los hidrocarburos son pesados y de moléculas complicadas.

Los hidrocarburos constituyentes de los asfaltos pertenecen a uno o varios de los siguientes grupos:

a. Alifáticos saturados o parafínicos.

b. Naftenicos o cicloparafínicos.

c. Aromáticos

d. Alifáticos no saturados.

Además del carbono e hidrógeno, los constituyentes principales de los hidrocarburos, se encuentran otros presentes: azufre, nitrógeno, vanadio, níquel, entre otros. Estos minerales desempeñan un papel muy importante dentro del comportamiento del asfalto.

Antes de entrar en la descripción química del asfalto es conveniente definir algunos términos:

Coloide: sistema constituido por un medio de dispersión o fase continua y una fase dispersa muy subdividida y en suspensión en el medio dispersante. Estas sustancias reciben también, el nombre de emulsiones. Las partículas dispersas o micelas tienen tamaño del orden de 10 a 1000 Amstrong (un Amstrong = 10-7 cm). En los sistemas dispersos se generan fuerzas de atracción y repulsión entre la fase dispersa y el medio de dispersión.

Sistemas Coloidales: pueden dividirse en soles o geles, según la intensidad de las fuerzas. El sistema coloidal es tipo sol, cuando existe equilibrio en las micelas por estar compensadas las fuerzas de atracción y repulsión. Desde el punto de vista reológico se comporta como un líquido simple, de fluir Newtoniano, y no presenta valor de fluencia.

En el sistema gel, las micelas tienen puntos de contacto entre sí, formando estructuras fijas en el medio de dispersión. Se comportan como sólidos, fluyen por acción de una fuerza finita suficiente para vencer la estructura interna; el valor de la fluencia es medible.

El asfalto es una microemulsión o sistema coloidal compuesto por asfaltenos, maltenos y en algunas ocasiones por carbenos.

Los asfaltenos: Están compuestos por los hidrocarburos mas complejos, de mayor peso molecular y naturaleza aromática. Componen la fase dispersa del sistema coloidal absorbiendo los compuestos de naturaleza aromática, presentes en los maltenos, para formar las micelas. Son partículas sólidas, cuyo color va desde el café oscuro hasta el negro, sin punto de fusión definido; al calentarse forman una masa viscosa, que se descompone, se hincha y aglutina, dejando un residuo de carbón. La dureza es su característica que comunica al asfalto estabilidad y cuerpo, y permite además la adhesividad con los agregados. Se determinan por ser insolubles en hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición, como el n-pentano o el éter de petróleo. Los asfaltenos concentran los compuestos indeseables de los asfaltos, pues contienen el azufre y los metales pesados.

Los maltenos: Son la fracción soluble en los solventes de bajo punto de ebullición. Están compuestos por resinas o aceites; forman la fase continua del sistema coloidal. Son blandos porque contienen la mitad de la parafina presente en el asfalto, y le comunican propiedades de ductilidad y plasticidad; generalmente existe mayor proporción de maltenos que de asfaltenos; el mayor contenido del primero determina la calidad de un asfalto, es decir, que la naturaleza química de los maltenos regula en gran parte las propiedades químicas de los asfaltos.

Los maltenos se separan, por métodos físicos, en resinas y aceites; las resinas son mas pesadas que los aceites, tienen un punto de ebullición mas elevado, un carácter mas aromático, y presentan mayor poder de absorción.

Los Carbenos: Son cuerpos negros, brillantes, con gran proporción de carbono provienen de la oxidación de los asfaltenos y resinas asfálticas. Una proporción mayor al 2% hace perder al asfalto la ductibilidad y flexibilidad volviéndolo frágil y no recomendable para pavimentación. Son insolubles en tetracloruro de carbono.

Las proporciones de estos hidrocarburos en los asfaltos dependen de la composición del crudo de petróleo y del proceso de refinación utilizado.

Para que los asfaltaneo y maltenos permanezcan en la estructura coloidal debe existir una determinada cantidad de resinas que equilibren la capacidad absorbente de los asfaltenos, los cuales al aglutinarse le dan al asfalto la rigidez.

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO EN SUS PROPIEDADES

Los asfaltenos aportan las moléculas más pesadas con un carácter aromático muy marcado; son los responsables de la dureza de los asfaltos.

La resina proporciona las características cementantes o aglutinantes, y los aceites la consistencia necesaria para hacerlos trabajables, pues permiten el desplazamiento entre micelas.

Los asfaltenos son intrínsicamente muy adherentes, pero al estar rodeados de una cortina de resinas no intervienen directamente en la adherencia con los materiales pétreos. Su presencia es fundamental en las propiedades mecánicas del asfalto, pues el alto poder de absorción de las resinas, proporciona a su núcleo una alta rigidez.

Las propiedades físicas del asfalto dependen de las proporciones de asfaltenos, resinas y aceites que contenga.

Un asfalto con un alto contenido de aceites se comportará como un fluido viscoso, ya que las micelas formadas por los asfaltenos, rodeadas de las resinas absorbidas, flotaran en el líquido aceitoso sin tocarse. Cuando el asfalto es sometido al calentamiento en la planta, sucede una reducción gradual de los aceites, hay un acercamiento entre los núcleos de los asfaltenos y la fricción originada aumenta la viscosidad del asfalto.

Mediante un proceso de oxidación se pueden modificar las cantidades de los componentes en el asfalto, y así los aceites se convierten en resinas y estas en asfaltenos. Los aceites protegen el asfalto de la oxidación por su gran estabilidad química. Por lo que se puede decir que un asfalto con altos contenidos de aceites será mas resistente al envejecimiento o en otras palabras, mas durable, pero será igualmente muy deformable a temperatura ordinaria. Es necesario pues un equilibrio en su composición.

ENSAYOS SOBRE MATERIALES ASFÁLTICOS

Los ensayos realizados en los materiales asfálticos se pueden agrupar en:

a. PRÁCTICOS: Son los que determinan la calidad del material, analizando su comportamiento en la obra, con el mayor grado de confiabilidad; son ensayos por lo general de larga duración, porque se practican haciendo tramos experimentales o pistas de ensayo. Una variante de estos ensayos son las pruebas aceleradas del laboratorio donde se trata de reproducir las condiciones del campo.

b. ENSAYOS EMPIRICOS: Como su nombre los indica no tienen mayor fundamento práctico, no miden el comportamiento del material, pero verifican si éste se halla dentro de los límites establecidos en las respectivas especificaciones; se hacen siguiendo normas precisas para poder establecer comparaciones, entre ellos tenemos los siguientes:

Viscosidad de los asfaltos

Una de las propiedades que mas interesan desde el punto de vista ingenieril es la viscosidad de los asfaltos. La viscosidad se define como la resistencia que ofrece a la deformación; resistencia que se debe básicamente al rozamiento interno de las moléculas.

Para medir la viscosidad de los asfaltos se hace necesario utilizar diferentes métodos, según las normas ASTM D 3265, D 2171.

a. Métodos absolutos: cuando la viscosidad del material puede ser calculada conociendo solamente las dimensiones del equipo y las fuerzas operantes; entre estos métodos podemos citar el viscosímetro de placas deslizantes y los viscosímetros capilares.

Viscosímetro de placas deslizantes: Ver figura No.21. Llamado también viscosímetro de placas paralelas, es utilizado para el estudio de la viscosidad a baja temperatura. Consta de dos láminas de vidrio entre las cuales se coloca el material en estudio en una lámina de espesor conocido. Una de las placas se fija verticalmente al fondo de un baño termostático y se carga la otra mediante un dispositivo que permite medir, con gran precisión los desplazamientos de la lámina móvil bajo los efectos de la fuerza aplicada; la fórmula puede escribirse como:

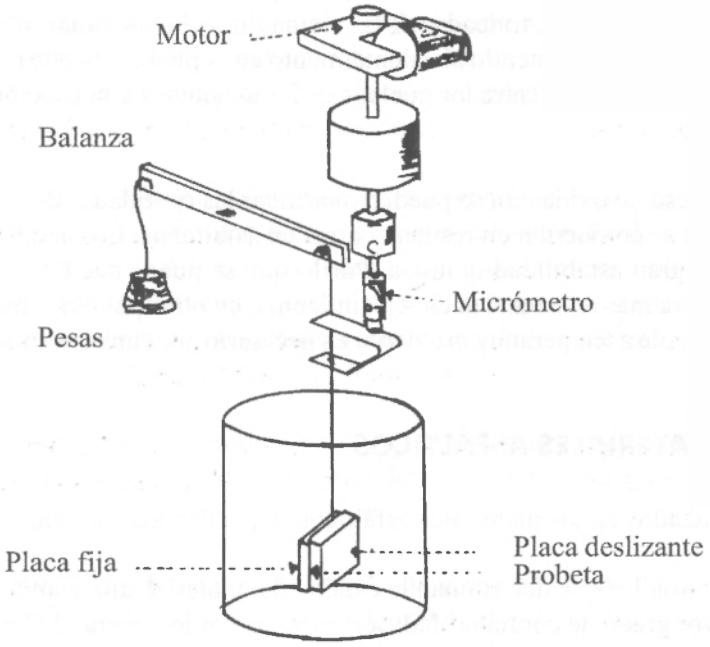


FIGURA No.21. VISCOSÍMETRO DE PLACAS

F = K x V x n siendo:

F = La fuerza aplicada.
V = Velocidad relativa entre las placas.
n = Viscosidad que se quiere encontrar
K = Constante del equipo que depende del área de las láminas y la separación entre ellas.

Viscosímetros capilares: según la temperatura del ensayo, es necesario o no ejercer vacío para permitir el ascenso del asfalto a través del tubo capilar. El ensayo consiste en medir el tiempo que gasta en pasar el asfalto de una marca a otra, en el descenso o ascenso del nivel.

La viscosidad se determina así:

$$n = \frac{pr^4.t.p}{8.V.L}$$

Donde;
V = Volumen de líquido que pasa en un tiempo t.
r = Radio del capilar en cm.
p = Presión en dinas/cm^2

Si el viscosímetro se calibra con líquidos patrones, la ecuación será igual a K.t. Donde:

K = Constante de calibración en poise/seg.
t = Tiempo de flujo en segundos

La viscosidad medida por estos dos métodos se denomina viscosidad dinámica o absoluta y se expresa en poises.

Las viscosidades de los asfaltos varían desde unos pocos centi-poises a elevadas temperaturas, a 10^{10} poises o mas, a bajas temperaturas.

b. Métodos secundarios: En estos métodos se emplean aparatos que deben ser calibrados mediante líquidos de viscosidad conocida, como el viscosímetro Saybolt Furol.

El equipo consta de un recipiente para la muestra asfáltica; de un baño para dar la temperatura exacta del ensayo; de un orificio estandarizado a través del cual circula la muestra; recipiente aforado para recibirla y termómetros.

El ensayo consiste en dar la temperatura adecuada a la muestra, quitar el tapón del orificio y medir el tiempo necesario para que pasen 60 cm^3.

En cementos asfálticos es posible hacer el ensayo a una temperatura de 135ºC en este equipo; pero para temperaturas de 60ºC por la alta viscosidad del cemento asfáltico debe emplearse el método de los tubos capilares.

La viscosidad cinemática en función de la viscosidad furol se determina así:

n = 0,0216 x F Donde;
n = Viscosidad cinemática en stoques.
F = Viscosidad Saybolt - Furol en SSF
SSF = Segundo Saybolt - Furol, así se reporta el tiempo del ensayo.

Las temperaturas para los ensayos de viscosidad en los cementos asfálticos son: De 135ºC, por ser ésta una temperatura próxima a la de mezclado o elaboración de mezclas asfálticas en caliente. La de 60ºC, porque se aproxima a la temperatura máxima que en ciertas regiones de la tierra se puede presentar durante el verano.

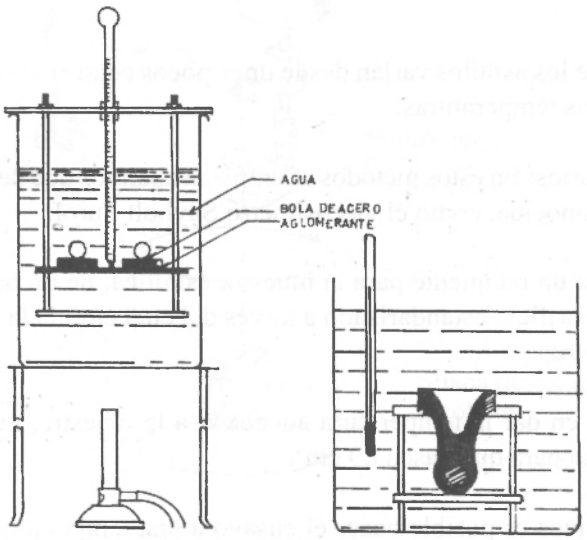
El viscosímetro furol se utiliza también para analizar la viscosidad de asfaltos diluidos y de emulsiones asfálticas. En los asfaltos líquidos el ensayo se hace a una temperatura de 60ºC y en las emulsiones asfálticas a 50 y 25ºC, según el rompimiento de la emulsión.

c. Métodos técnicos o empíricos: Son aquellos métodos que utilizan técnicas rápidas y sencillas como el de penetración, flotación y punto de ablandamiento.

Punto de ablandamiento

Es una ensayo que busca determinar la temperatura a la cual se produce el ablandamiento del asfalto.

El procedimiento del ensayo según las normas ASTM D 2398, D 36 es el siguiente: En el interior de un vaso con agua o glicerina, a una temperatura de 5ºC, ver figura No.22.



a) Diagrama del aparato al comienzo del ensayo

b) Diagrama en el que se ve el final del ensayo

FIGURA No.22. ENSAYO PUNTO DE ABLANDAMIENTO

Se coloca el anillo con la muestra a una altura de 1 pulgada del fondo del recipiente; sobre la muestra se pone una esfera de acero de dimensiones y peso estandarizado, paralelamente se coloca un termómetro; el calentamiento se hace incrementando la temperatura a razón de 5ºC por minuto.

El asfalto con el calor se ablanda, la esfera penetra en la muestra y arrastra el material bituminoso hasta tocar el fondo. La temperatura correspondiente a este momento de contacto se reporta como punto de ablandamiento.

Aunque el ensayo no es una medida correcta de la consistencia de los asfaltos, da una idea, por la comparación de resultados en diferentes asfaltos. Además, el ensayo se utiliza para determinar la susceptibilidad térmica de los asfaltos oxidados y de los sólidos, clasificándolos por el punto de ablandamiento. Así, un asfalto de PA 240 es menos susceptible a la temperatura que uno de PA 190; los números 240 y 190 corresponden a la temperatura del punto de ablandamiento.

La elección de un asfalto para una obra vial o de otro tipo, debe tener en cuenta la temperatura de ablandamiento, según el clima y condiciones de trabajo a que estará sometido.

Penetración

El ensayo según la norma ASTM D 946 consiste en determinar la penetración de una aguja en una muestra de asfalto, en condiciones estandarizadas de peso y diámetro de la aguja; temperatura de la muestra y tiempo de penetración. Las condiciones de laboratorio más usadas en cementos asfálticos son: Temperatura de la muestra 25ºC

Peso de la aguja 100 g.
Tiempo de penetración 5 seg.

La penetración se mide en décimas de mm.

Puede ser fundamentalmente una medida de la viscosidad pero es un ensayo de esfuerzo de corte variable, porque a medida que la aguja penetra, provoca un desplazamiento del mismo, es decir, el asfalto fluye por acción del esfuerzo transmitido. Este esfuerzo disminuye a medida que aumenta la superficie de contacto entre la aguja y el asfalto.

Clasificación de los cementos asfálticos según el ensayo de penetración

Aunque actualmente los cementos asfálticos se clasifican por su viscosidad, existe una clasificación por el resultado del ensayo de penetración, realizado en las condiciones estandarizadas anotadas anteriormente. Los cementos asfálticos se clasifican así:

AC 40-50; AC 60-70; AC 85-100; AC 120-150; AC 200-300.

Donde Ac es la abreviatura de cementos asfálticos, y los números indican el mínimo y máximo entre los cuales puede estar la penetración, expresados en décimas de milímetro.

Susceptibilidad térmica e índice de penetración: La consistencia de los cementos asfálticos varía con la temperatura; a bajas temperaturas son sólidos, a temperaturas intermedias viscoelásticos y a altas temperaturas son líquidos viscosos; por esto se les llama termoplásticos; sin embargo, la variación o susceptibilidad a la temperatura no es igual en todos, si no que depende de la composición del petróleo, del proceso seguido en la destilación, del envejecimiento u oxidación del asfalto.

Pfeiffer y Van Doormal, partiendo del punto de ablandamiento y de la penetración a 25ºC, definieron el índice (IP), como una medida de la susceptibilidad térmica y de la desviación del comportamiento newtoniano del ligante. Tomaron como referencia un asfalto mexicano de penetración 200 a 25ºC, al cual le atribuyeron un (IP) = 0.

El (IP) de un asfalto se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{20 - 10\dfrac{50\log(PT1/PT2)}{T1 - T2}}{1 + \dfrac{50\log(PT1/PT2)}{T1 - T2}}$$

Donde;

PT2 = Penetración a temperatura de 25ºC
PT1 = Penetración a temperatura diferente de 25ºC.
T1 y T2 = Temperaturas respectivas de los ensayos de penetración.

Los asfaltos con (IP) menor de cero son menos susceptibles que el de referencia y los de (IP) mayor a cero son mas sensibles a los cambios de temperatura.

Por lo general las especificaciones fijan entre -1,5 y +0,5 los valores de (IP), en los asfaltos empleados en pavimentación.

En asfaltos que provienen del mismo crudo, obtenidos por la reducción directa (vacio-vapor), aunque tengan diferente consistencia, el (IP) no varía.

El soplado o inyección de aire en el asfalto caliente incrementa el (IP), según la intensidad del proceso; igualmente lo hace el envejecimiento. Los asfaltos tipo sol tienen (IP) inferior a -2, poseen alta susceptibilidad térmica y el flujo es Newtoniano. Los (IP) superiores a +2 corresponden a asfaltos tipo gel, cuyas propiedades son elásticas.

Los asfaltos obtenidos por craking presentan una susceptibilidad muy grande a los cambios de temperatura además, y se caracterizan, además por una baja durabilidad en servicio.

Existen otros ensayos para determinar la calidad del cemento asfáltico, por ejemplo:

Punto de rotura Fraass (Fragilidad)

El punto de rotura Fraass es la temperatura a la que el asfalto se torna quebradizo, lo cual se advierte por la aparición de grietas cuando se enfría una película delgada de asfalto de 0.05 cm de espesor sobre una superficie metálica a razón de 1ºC por minuto y sometido a flexión a velocidad constante. La fragilidad de un asfalto depende fundamentalmente de la velocidad de deformación y de la temperatura.

Investigaciones realizadas indican que a la temperatura de fractura los asfaltos poseen la misma viscosidad, del orden de $4x10^9$ poises y la penetración es aproximadamente 1,25 décimas de milímetro. Este ensayo no se usa habitualmente en asfaltos para carreteras; se emplea más para materiales bituminosos, utilizados en impermeabilización.

Ductilidad

Son materiales dúctiles aquellos que permiten ser estirados hasta formar hilos. Una propiedad de los asfaltos es su capacidad de mantenerse coherentes bajo grandes deformaciones cuando se someten a tracción bajo el tránsito. El ensayo según la norma ASTM D 113, mide el alargamiento, antes de la rotura, de una probeta de cemento asfáltico estirada por sus extremos a velocidad constante. Normalmente el ensayo se realiza a 25°C y la velocidad de alargamiento es de 5 cm por minuto. La sección transversal mínima de la probeta es de 1 cm^2. (Ver figura No.23).

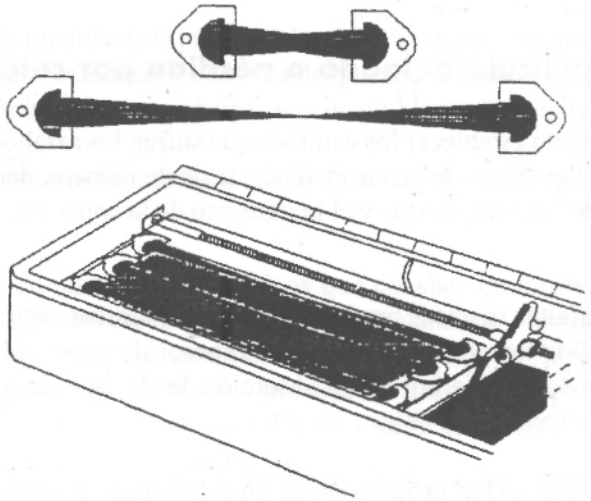


FIGURA No. 23. ENSAYO DE DUCTILIDAD

La dispersión de los resultados es bastante grande siendo difícil deducir de ellos análisis de tipo práctico; sin embargo, si la probeta se somete a velocidades de deformación y temperaturas correspondientes a las que estarán sometidas en el pavimento los resultados obtenidos son aprovechables.

Los materiales bituminosos utilizados en pavimentación deben poseer cierto grado de ductilidad; esto les permitirá absorber deformaciones sin que se produzca el agrietamiento de la capa de rodadura; además la ductilidad hace mas duradero el recubrimiento de las partículas del agregado.

Punto de inflamación

Al calentar los asfaltos se produce la volatización de los hidrocarburos mas livianos. Siendo necesario, como medida de seguridad, conocer la temperatura a la cual se encienden estos gases, el ensayo de punto de inflamación sirve además para controlar la calidad de los productos asfálticos, permitiendo detectar si han sido contaminados durante el transporte. La mezcla con otros hidrocarburos puede alterar la temperatura de inflamación y la penetración.

El equipo utilizado para este ensayo según normas ASTM D 2823 y D 2824 depende del tipo de asfalto. En asfaltos con punto de inflamación menor de 93°C se usa la copa abierta de Tag, en la cual

se calienta primero un líquido que rodea la muestra, puede ser agua o glicerina. Para los asfaltos con punto de inflamación superior a los 93°C se emplea la copa abierta de Cleveland; aquí la muestra se calienta directamente.

El ensayo consiste en calentar la muestra a velocidad controlada; cuando está cerca del punto de inflamación supuesto, se pasa una llama por encima de la muestra, cada vez que la temperatura se incrementa en 1 ó 2 °C, dependiendo del equipo empleado. El punto de inflamación es la temperatura correspondiente al instante en que al pasar la llama por la muestra, ésta se enciende momentáneamente. El calentamiento se continua así como el paso de la llama por la muestra, cuando la muestra se enciende y la duración de la llama es de 5 seg la temperatura a la cual se encuentra la muestra es el punto de fusión o de combustión.

Envejecimiento de película delgada o pérdida por calentamiento

El ensayo tiene por objeto establecer los cambios que sufren los asfaltos al ser calentados a altas temperaturas con el fin de llevarlos a la viscosidad adecuada de manejo, determinando la pérdida en peso por la volatilización de los compuestos y el incremento de la consistencia, por medio del ensayo de penetración.

La alteración de los asfaltos se puede producir por el calentamiento en la planta, o al momento de hacer la mezcla, porque allí la temperatura es alta y el espesor de la película pequeña, facilitando la oxidación, la volatilización de hidrocarburos y la absorción de algunos compuestos de los agregados; los cambios que se originan son irreversibles.

El ensayo según la norma ASTM D 529 consiste en determinar la consistencia del asfalto a 60°C, someterlo al ensayo de envejecimiento en película delgada en el aparato que se muestra en la figura No.24; la muestra debe tener un espesor de 3 mm y se deja por 5 horas a la temperatura de mezclado, para luego determinar nuevamente su consistencia.

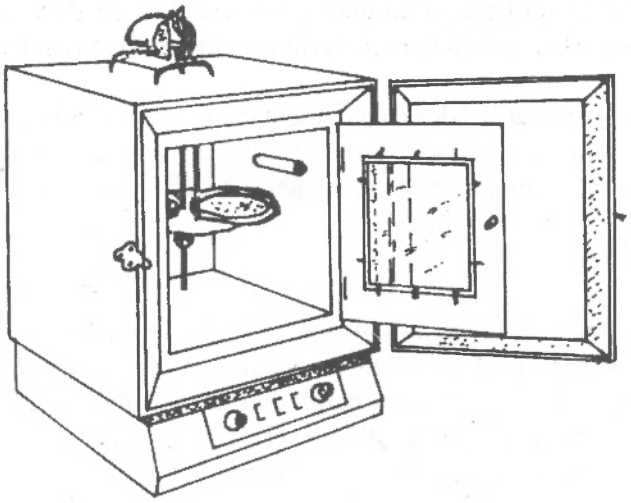


FIGURA No.24. ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA

Se denomina índice de envejecimiento a la relación entre la consistencia después del ensayo y la consistencia antes del ensayo.

$$Ie = nF/ni$$

Este índice brinda un valor de mayor base científica que los obtenidos en los clásicos ensayos de penetración, al permitir evaluar la consistencia que se daría de dar al producto en obra luego de mezclarlo y de compactarlo.

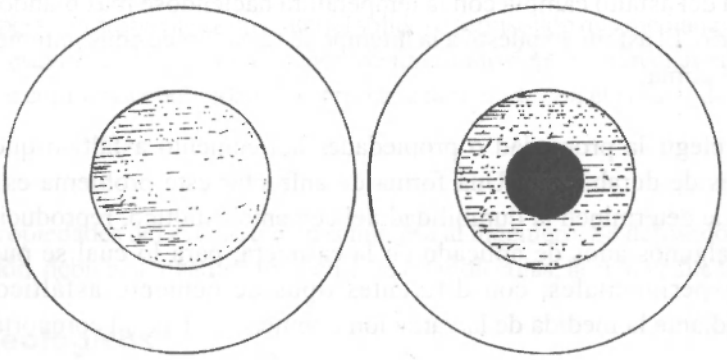
Solubilidad

La solubilidad es una medida de la pureza del asfalto. La fracción soluble en disulfuro de carbono representa los constituyentes cementantes activos del producto. Las materias inertes y no cementantes como sales, carbón libre e impurezas orgánicas son insolubles en este solvente.

Existen dos ensayos según las normas ASTM D 4042 y D 147 para el análisis de pureza de los asfaltos:

a. El de solubilidad en disolventes orgánicos que consiste en disolver el asfalto en uno de los siguientes solventes: bisulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, o tricloroetileno; la muestra debe pesar 2 g ; cuando se haya logrado la disolución se pasa a través de un filtro de asbesto, al cual se le ha determinado el peso seco antes de empezar el proceso de filtrado. Después del filtrado se seca y se pesa nuevamente. La diferencia de peso inicial y final dará el peso del asfalto no soluble. Este se expresa en porcentaje con relación al peso inicial.

b. El ensayo de la mancha permite medir el grado de homogeneidad del asfalto de manera cualitativa. La prueba consiste en disolver una muestra de asfalto en nafta estándar u otros disolventes especificados. Al cabo de una hora se deposita una gota de la muestra sobre un papel filtro; la prueba es negativa si la gota se distribuye en una mancha de color oscuro y uniforme. En este caso el asfalto se considera homogéneo. Si el color mas oscuro es anular o si el centro de la mancha es mas oscuro, la prueba es positiva y el asfalto heterogéneo. En la figura No.25 se muestran los dos tipos de resultados.



NEGATIVO POSITIVO

FIGURA No.25. ENSAYO DE LA MANCHA

Contenido de agua

Según la norma ASTM D 1228, es un ensayo de control de calidad del producto asfáltico. El agua presente en los cementos asfálticos o en los asfaltos líquidos ocasiona problemas en el calentamiento, porque se produce espuma en los recipientes y puede provocar el derrame del asfalto.

El ensayo consiste en destilar una muestra representativa del asfalto, mezclada con un solvente de destilación no miscible con el agua del cual el 90% ebulle a una temperatura menor de 210ºC y mayor de 100ºC.

Durante el proceso de calentamiento el solvente se evapora junto con el vapor de agua; solvente y agua se condensan y depositan en el colector o trampa; el agua al ser mas pesada se deposita en el fondo del colector y el solvente en la parte superior; cuando se llena el colector, el solvente regresa al recipiente de destilación; el calentamiento se prolonga hasta observar que el nivel de agua no varié. Al finalizar el ensayo se lee el volumen de agua en la trampa.

Del ensayo se reporta el porcentaje de agua que es igual al volumen de agua con respecto al volumen inicial de muestra, expresada también en porcentaje.

PROPIEDADES DEL ASFALTO COMO MATERIAL LIGANTE

Durabilidad

Se define como la capacidad para mantener las propiedades ligantes y cohesivas en la mezcla, antes y después de envejecida. La durabilidad de una capa de rodadura en servicio está ligada a las propiedades físico-químicas del ligante, que a su vez regula su comportamiento reológico, además de las propiedades propias de la mezcla.

Todos los materiales bituminosos utilizados en la construcción de capas de rodadura asfáltica cambian con el tiempo, de una u otra forma, bajo la acción de factores externos e internos.

La consistencia del asfalto cambia con la temperatura haciéndose mas blando en tiempo cálido y mas duro en tiempo frío. El asfalto expuesto a la intemperie se endurece constantemente como resultado de las influencias del clima.

Resulta difícil elegir la propiedad o propiedades del cemento asfáltico que deben tenerse en cuenta en las pruebas de durabilidad. Una forma de enfrentar este problema es idear un ensayo o grupos de ensayos que determinen la durabilidad del cemento asfáltico, reproduciendo el estado que alcanza después de algunos años de aplicado en la carretera, para lo cual se puede escoger en las carreteras tramos experimentales, con diferentes tipos de cemento asfáltico y determinar su comportamiento, mediante la medida de la variación química que rige su comportamiento en obra.

Por otra parte, aunque existen muchas investigaciones que de alguna manera tratan de correlacionar algunos ensayos rápidos con el comportamiento del asfalto durante su envejecimiento, existe dificultad para determinar cual o cuales propiedades físicas del asfalto deben investigarse en relación con la

ırabilidad. La mayoría de los investigadores han escogido la viscosidad, la ductilidad o la fragilidad ›mo índice de envejecimiento, pero es evidente que no puede confiarse a ningún ensayo rápido; debe r, mas bien, producto del análisis de su comportamiento en condición de obra.

Factores que afectan la durabilidad

Entre los factores mas importantes que producen la disminución de la durabilidad de un asfalto en las condiciones normales de trabajo, se encuentran:

- Evaporación de los componentes volátiles porque el asfalto contiene maltenos de diferentes características que le proporcionan adherencia y flexibilidad, pero que cuando son sometidos a cambios intensos de temperatura pueden volatizarse, bien durante el mezclado en planta o bien durante la vida útil del pavimento. En el primero de los casos, cuando se mezcla el asfalto caliente con los agregados, también calientes extendiéndolo en películas delgadas sobre la superficie, durante el proceso de mezclado, las condiciones son muy favorables para la pérdida de volátiles y para la oxidación. En el segundo el proceso de larga duración, pues aunque el asfalto está sometido a temperaturas moderadas, las características propias de la mezcla pueden llegar a afectar irreversiblemente su durabilidad.

Una vez puesto en obra, la acción de los agentes atmosféricos, especialmente la acción del oxígeno, catalizada por la radiación ultravioleta de la luz solar, y la elevación de temperatura, producen una oxidación de las moléculas mas susceptibles y como consecuencia un envejecimiento del ligante que va perdiendo consistencia, se torna quebradizo y frágil, permitiendo que el agua penetre a través de la película y desplace el asfalto con el consiguiente deterioro de la mezcla.

Los mayores cambios del asfalto, ocurren durante el mezclado; el ensayo utilizado con mayor frecuencia, para reproducir dicha acción, es el ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada.

Consistencia

Es el estado físico que presenta un asfalto en un momento dado, con relación a los estados sólidos, líquido y gaseoso de la materia.

El asfalto a temperatura ambiente es un material sólido, o semisólido que mediante el calentamiento pasa de manera gradual al estado líquido. La consistencia de un asfalto depende directamente de su temperatura, relación que se conoce como susceptibilidad. La consistencia se mide con el ensayo de penetración.

Viscosidad

Es una de las propiedades del asfalto que mas interesa al ingeniero. Se define como la resistencia que ofrece a la deformación, debida al rozamiento interno de las moléculas, la cual ya fue tratada anteriormente.

Propiedades Reológicas

La estructura coloidal de los asfaltos hace bastante complicado el estudio de sus propiedades reológicas, acentuado aun mas por su carácter termoplástico, es decir, la propiedad de ablandarse y hacerse deformable por efecto del calor, recuperando al enfriarse sus propiedades primitivas.

En las propiedades reológicas se estudia la deformación producida en el asfalto por efecto del esfuerzo cortante, suficientemente grande para hacerlo fluir, pero íntimamente ligado al tiempo de aplicación de la carga.

Adherencia

Es la capacidad de un ligante para quedar fijo en el agregado, al que recubre, sin peligros de desplazamiento, incluso en presencia del agua y del tráfico.

La adherencia entre asfalto y agregado, no presenta mayor problema en ausencia de agua, sin embargo el polvo, en cantidades excesivas, sobre los agregados puede afectar la adherencia.

En el fenómeno de adhesividad entre agregado y asfalto, intervienen en gran número de factores, entre ellos tenemos:

-Porosidad de los agregados.
-Espesor de la película de asfalto.
-Viscosidad del asfalto.
-Naturaleza del ligante
-Composición mineralógica del agregado.

Hoy en día se utilizan algunos compuestos químicos, llamados activantes, que permiten mejorar la adherencia entre asfaltos líquidos y emulsiones asfálticas con los agregados fríos y húmedos.

ASFALTOS LÍQUIDOS O DILUIDOS

Una de las formas de aumentar la manejabilidad de los asfaltos a temperaturas mas bajas, que las requeridas por los cementos asfálticos, es mezclándolos con solventes derivados del petróleo.

Según sea el solvente implicado en la disolución: Gasolina, kerosene o aceites, el asfalto así diluido, recibe el nombre de:

- Asfalto líquido de curado rápido (RC) cuyo solvente es gasolina.

- Asfalto líquido de curado medio (MC) cuyo solventes es kerosene.

- Asfalto líquido de curado lento (SC) cuyo solvente es aceite natural.

Estos asfaltos líquidos también se fabrican con diferentes proporciones de solventes desde un 18% hasta un 50%. En la actualidad, los asfaltos líquidos poco se fabrican, por el alto costo del solvente y por la contaminación que éste produce al evaporarse.

Para determinar la calidad del asfalto líquido, se hacen ensayos de viscosidad en el viscosímetro Saybol - furol, destilación, punto de llama y contenido de agua; además ensayos de penetración, ductilidad y solubilidad en tetracloruro, al residuo obtenido después del ensayo de destilación.

• **Ensayo de destilación:** Sirve para identificar los solventes que contiene el asfalto líquido y sus volúmenes respectivos; además separa el residuo asfáltico de los solventes, permitiendo realizar en él ensayos de caracterización y calidad.

El ensayo consiste en tomar una muestra representativa de 200 cm^3, que se somete a calentamiento, controlando la velocidad; al someterla a este proceso se produce la destilación de los solventes, según su temperatura de ebullición, haciendo la corrección que exija la altura del lugar donde se realiza con respecto al nivel del mar. Al terminar el ensayo se vierte el residuo y se le hace a éste los ensayos de penetración, ductilidad y solubilidad.

• **Clasificación de los asfaltos líquidos:** Aunque en un principio se hacía teniendo en cuenta el porcentaje de solventes, hoy en día se clasifican por su viscosidad que se verifica en el viscosímetro Saybol Furol. La viscosidad tiene relación con la proporción de solvente.

Los asfaltos líquidos fabricados y normalizados por el Instituto del Asfalto son:

RC 70	MC 30	SC 70
RC 250	MC 70	SC 250
RC 800	MC 250	SC 800
RC 3000	MC 800	SC 3000
	MC 3000	

El número indica el menor valor del intervalo en el cual puede estar la viscosidad en Centistokes. El intervalo está en cada caso entre el valor indicado y su doble; así un asfalto Rc 250, es un asfalto líquido, cuyo solvente principal es gasolina y su viscosidad esta entre 250 y 500 centistokes.

EMULSIONES ASFÁLTICAS

Introducción

En la actual crisis energética, el precio del crudo del petróleo aumenta continuamente, lo que obliga a estudiar nuevos métodos y técnicas que permitan el ahorro de energía. El asfalto, producto de la destilación del crudo del petróleo, es el ligante mas empleado en la construcción y mantenimiento de carreteras, pero tiene el inconveniente, de que a temperatura ambiente es imposible su manejo, pues tiene una consistencia casi sólida; es necesario bajar su viscosidad, calentándolo y manteniéndolo a esta temperatura durante su aplicación, lo que constituye un proceso costoso y difícil.

Las emulsiones asfálticas ofrecen una solución al problema de aplicación de un asfalto a temperatura ambiente, sin temor a la presencia de humedad, o a la contaminación por productos disolventes.

Las primeras emulsiones fabricadas fueron las aniónicas en 1923 y luego las catiónicas en 1955. Los países pioneros en estas técnicas fueron Francia y España. La crisis energética de 1974, obligó a mejorar y difundir el uso de estas emulsiones. Hoy en día las emulsiones reemplazan a los asfaltos líquidos en la gran mayoría de las obras.

Definición

Una emulsión es la dispersión de un líquido en otro, no miscibles entre sí, en forma de partículas microscópicas, con diámetro promedio 10 micras. El líquido que se dispersa se llama fase dispersa, interna o discontinua, y el líquido en el cual se realiza la dispersión se llama fase dispersante, externa o continua.

Si la fase dispersante es el agua, la emulsión se llama directa o emulsión de "aceite en agua"; y si es el agua la fase dispersa la emulsión se llama inversa o de "agua en aceite".

En el caso de las emulsiones asfálticas la fase discontinua la constituye el asfalto y la continua el agua, por lo que son emulsiones directas.

Durante el proceso de fabricación de las emulsiones es necesario agregar un agente emulsionante o emulgente cuyas funciones son:

-Disminuir la tensión interfacial, entre el asfalto y el agua.

-Facilitar la dispersión de los glóbulos de asfalto.

-Crear una película protectora alrededor de las partículas de asfalto. Esta película está cargada eléctricamente, por lo que impide que el glóbulo de betún pueda unirse con otros. Esto facilita el almacenamiento.

-Favorecer la adherencia entre el árido y el ligante.

Clases de emulsiones

Las emulsiones, según la polaridad que el emulsificante o emulgente proporcionen al asfalto, pueden ser:

a) EMULSIONES CATIÓNICAS O ÁCIDAS: Son aquellas fabricadas con emulgentes iónicos que al disociarse en el agua, hacen que el glóbulo de asfalto quede rodeado de cargas positivas.

Los emulgentes utilizados son sales originadas por la acción de ácidos minerales, normalmente el CLH sobre productos amínicos (derivados del nitrógeno).

Las emulsiones catiónicas tienen gran adherencia con los agregados silíceos, ya que éstos en contacto con el agua, ionizan negativamente atrayendo los glóbulos de asfalto cargados positivamente.

Además las emulsiones catiónicas también presentan afinidad con los agregados calizos porque la reacción entre el ácido clorhídrico de la emulsión con el calcio de los agregados forma un compuesto soluble en el agua y deja el agregado con carga negativa.

b) EMULSIONES ANIÓNICAS: Son aquellas que han sido fabricadas a partir de emulgentes iónicos que al disociarse en el agua, hacen que el glóbulo de asfalto quede rodeado negativamente.

Los emulgentes aniónicos, normalmente usados, son sales (jabones) procedentes de la reacción química de ácidos grasos de cadena larga o resinas, con bases inorgánicas fuertes (NaOH, KOH).

Cabe anotar que la adherencia de la emulsión con el agregado, no sólo depende de la naturaleza del agregado sino también de su textura, limpieza y temperatura.

Propiedades de las emulsiones

Las propiedades mas importantes de las emulsiones son:

a) VISCOSIDAD: depende esencialmente del porcentaje de asfalto que está entre un 50 y un 70%; un contenido de asfalto por encima del 70% hace aumentar rápidamente la viscosidad. Además del porcentaje de asfalto influye en la viscosidad la naturaleza del emulsificante, el tamaño de los glóbulos de asfalto, presentando mayor viscosidad cuanto mas uniformes sean.

Cuando la emulsión tiene una viscosidad muy alta, dificulta su aplicación pero garantiza un espesor de película adecuado para cubrir los agregados, en mezclas abiertas y tratamientos superficiales.

Las emulsiones de baja viscosidad se usan cuando la cantidad de ligante por unidad de superficie es pequeña, como en el caso de imprimaciones, riego de adherencia, o sello con agregado fino.

Para determinar la viscosidad de una emulsión se utiliza el viscosímetro Saybolt Furol; cuando la emulsión es de rompimiento rápido o medio la temperatura de ensayo es de 50°C, y cuando es de rompimiento lento es de 20°C.

b) COHESIVIDAD: Se define como la resistencia a la rotura.

Rotura de las emulsiones: El principal objetivo que se busca al emplear una emulsión es unir un agregado con el asfalto que tiene la emulsión, lo cual se consigue por el fenómeno de rotura. La rotura de una emulsión es la separación irreversible del asfalto y del agua, quedando el asfalto adherido a la superficie de los agregados, y eliminándose el agua por evaporación.

Atendiendo a la velocidad de rotura las emulsiones se pueden clasificar:

- Emulsiones de rotura rápida: Se utilizan en los diferentes tipos de riego, y en tratamientos superficiales con gravilla.
- Emulsiones de rotura media: Se emplean en la fabricación de mezclas abiertas almacenables.
- Emulsiones de rotura lenta: Con ellas se preparan mezclas densas, se estabilizan suelos y arenas y se preparan lechadas bituminosas.

La rotura de una emulsión puede deberse a aspectos tales como:

- Afinidad electrostática entre los glóbulos del asfalto y las cargas de la superficie del agregado. Es decir, la emulsión, se rompe por reacción química, formándose por la neutralización de las