

CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE TIPO MDC-2 PRODUCIDA POR LA PLANTA DE "TRAE LTDA" UBICADA EN EL SECTOR DE TOROBAJO MUNICIPIO DE PASTO, MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFALTICO EN RESPUESTA AL CALOR Y A LA LLAMA BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN LABORATORIO BAJO LA GUÍA DE LA NORMA INVIAS I.N.V. E – 709 – 07

NATALIA CRISTINA HERNÁNDEZ GUERRA
JORGE ANDRÉS ORTIZ ROJAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2011

CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE TIPO MDC-
2 PRODUCIDA POR LA PLANTA DE “TRAE LTDA” UBICADA EN EL SECTOR
DE TOROBAJO MUNICIPIO DE PASTO, MEDIANTE LA MEDICIÓN DE LAS
PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFALTICO EN RESPUESTA AL CALOR Y A
LA LLAMA BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN LABORATORIO BAJO LA
GUÍA DE LA NORMA INVIAS I.N.V. E – 709 – 07

NATALIA CRISTINA HERNÁNDEZ GUERRA
JORGE ANDRÉS ORTIZ ROJAS

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA ASPIRAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
INGENIERÍA DE CARRETERAS

DIRECTOR
EMERSON LEANDRO TULCÁN ALVARADO
INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE CARRETERAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2011

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Proyecto de Trabajo de Grado, son de responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1ª del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

Ing. Emerson Leandro Tulcán Alvarado
Especialista en Ingeniería de Carreteras
Director Trabajo de Grado

Ing. Jorge Luis Argoty Burbano
Magister Ingeniería de Vías Terrestres
Jurado

Ing. Luis Armando Merino Chamorro
Especialista en Ingeniería de Carreteras
Jurado

Pasto, Agosto de 2011

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

DIOS Y LA VIRGEN MARÍA. por ser guías en nuestras vidas, llenarnos de bendiciones y felicidad.

Ingeniero Emerson Leandro Tulcán Alvarado, ingeniero civil, especialista en ingeniería de carreteras y director del trabajo de grado, por su orientación, aporte y constante motivación en el desarrollo de este trabajo.

Ingeniero Juan Carlos Trujillo, gerente de la planta de asfalto trae Ltda. por su gran disposición y disponibilidad al permitirnos usar sus instalaciones y personal para el desarrollo de este trabajo.

Laboratorista Silvio Fabricio Cabrera, laboratorista universidad de Nariño, por la gran ayuda y orientación prestada en el desarrollo de los laboratorios.

Dedicada a:

a dios y a la virgen maría, por ser la fortaleza y nuestros guías en todo camino que emprendemos, a nuestra hija, Laura María Ortiz Hernández, por ser la motivación y el motor de nuestras vidas, a nuestros padres y hermanos por su apoyo y colaboración que nos han brindado para poder cumplir con un objetivo más de nuestras vidas.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el de comparar las temperaturas reportadas por ecopetrol y las temperaturas a las que el cemento asfáltico se tiene que someter durante los diferentes procesos de calentamiento para la producción de la mezcla asfáltica producida por la planta asfáltica trae Ltda, ubicada en el sector de toro bajo en la ciudad de san juan de pasto (n). estas temperaturas serán corroboradas con la norma invias y sus artículos adoptados formalmente por el ministerio de transporte, bajo el resolución 3290 del 15 de agosto de 2007.

Para ello se realizaran tomas de muestras en la planta de asfalto, bajo la norma I.N.V.E. 701-07, se procederá a ensayarlas con la norma I.N.V.E 709-07, condiciones controladas de laboratorio, y procesos de seguridad industrial descritos en este trabajo.

ABSTRACT

the objective of this paper is to compare the temperatures reported by ecopetrol and the temperatures at which asphalt cement is to be submitted during the different heating processes for the production of asphalt mix asphalt produced by the trae Ltda plant, located in toro bajo sector in the city of san juan de pasto (n). these temperatures are corroborated by standard items winters and formally adopted by the ministry of transport, under resolution 3290 at august 17-2007.

this will involve sampling the asphalt plant, under the standard i.n.v.e 701-07, shall be tested with the standard i.n.v.e 709-07, under controlled laboratory, and industrial security processes described in this paper.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 PETRÓLEO	21
1.1.1 Origen del petróleo.	21
1.1.2 Los crudos en Colombia.	23
1.1.3. Reseña histórica de Ecopetrol	24
1.2 DEFINICIÓN Y PROCEDENCIA DEL ASFALTO	26
1.2.1 Usos más comunes del asfalto.	27
1.2.2 Propiedades químicas de los asfaltos.	28
1.2.3 Propiedades físicas de los asfaltos.	30
1.2.4 Ensayos para medir la consistencia.	30
1.2.5 Ensayos de pureza.	33
1.2.6. Ensayos de seguridad	34
1.2.7. Otros ensayos.	35
1.3 PLANTAS DE ASFALTO	35
1.3.1 Composición de una planta de asfalto	36
1.3.2. Predosificador de áridos.	36
1.3.3. Clasificación de las plantas asfálticas	39
1.3.4 Rendimientos de las plantas	40
1.3.5 Control de las plantas asfálticas	41
1.3.6 Condiciones para selección de una planta asfáltica	42
2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS	44
2.1 METODOLOGÍA GENERAL PARA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	44
2.1.1 Fuentes de información	44
2.1.2 Programa de trabajo.	44
2.1.3. Trabajo de recopilación de información.	44

2.1.4 Trabajo de laboratorio	45
2.1.5 Toma de la muestra del cemento asfáltico	45
2.1.6 Descripción de las muestras a ensayar	46
2.1.7 Realización del ensayo de laboratorio de acuerdo con la norma I.N.V.E. 709-07 “puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland”.	52
2.1.8 Objeto del ensayo.	52
2.8.9 Resumen del método de acuerdo a la norma I.N.V.E. 709 – 07	53
2.8.10. Equipo.	53
2.8.11. Preparación del equipo	54
2.8.12. Medidas de seguridad.	55
2.8.13. Requisitos de la muestra.	55
2.8.14. Calibración.	55
2.8.15. Procedimiento	55
2.9 RESULTADOS	57
2.9.1 Resultados obtenidos por investigación y realización de laboratorio	57
3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	66

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. cuadro de temperaturas medias en °C para punto de llama – muestra 1	58
Cuadro 2. cuadro de temperaturas medias en °C para punto de llama – muestra 2	58
Cuadro 3. cuadro de temperaturas medias en °C para punto de ignición – muestra 1	58
cuadro 4. Cuadro de temperaturas medias en °C para punto de ignición – muestra 2	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diferencias entre temperaturas de punto de inflamación	60
Tabla 2. Diferencias entre temperaturas de punto de llama y punto de ignición – norma INVIAS	60
Tabla 3. Diferencias entre temperaturas usadas en planta Trae. Ltda. y temperatura punto de ignición dada por INVIAS	60

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Proceso típico de refinación	23
Imagen 2. Variación del contenido de cemento asfáltico con el grado API del crudo	26
Imagen 3. Estructura coloidal	29
Imagen 4. Diagrama de servicio y manejo del asfalto	31
Imagen 5. Diagrama penetración vs temperatura	32
Imagen 6. Punto de ablandamiento vs temperatura	33
Imagen 7. Aparato de CLEVELAND copa abierta	35
Imagen 8. Indicaciones para muestreo según el tipo de material bituminoso	46
Imagen 9. Tanque de almacenamiento	47
Imagen 10. Vista del tanque de almacenamiento	48
Imagen 11. Vista del tanque de almacenamiento del cemento asfáltico en producción de la mezcla	48
Imagen 12. Envío por parte de Dirimpex Ltda. A través de la empresa envía.	53
Imagen 13. Apertura de la caja del aparato de Cleveland copa abierta.	53
Imagen 14. Verificación del aparato de Cleveland copa abierta.	54
Imagen 15. Aparato de Cleveland de copa abierta calibrado y listo para ser usado	54
Imagen 16. Copa abierta	55
Imagen 17. Aparato de Cleveland	56

LISTA DE ANEXOS

	pág.
A. Artículos y normas INVIAS	67
B. Manual de funcionamiento de la planta de asfalto Barber Green Ka 40 de Bachada de TRAE Ltda.	119
c. Reportes de resultados por laboratorio de Ecopetrol	137

GLOSARIO

Asfalto sustancia de color negro que constituye la fracción más pesada del petróleo crudo. se encuentra a veces en grandes depósitos naturales, como en el lago asfaltites o mar muerto, lo que se llamó betún de judea. se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeable de muros y tejados

Agregados: materiales duros e inertes, áridos utilizados en la fabricación de mezcla asfáltica.

Árido: material pétreo compuesto de partículas duras, de forma tamaño estable.

Calibración: acción de calibrar - ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con los valores de la magnitud que ha de medir

Cemento asfáltico: material obtenido por refinación de residuos de petróleo, y que debe satisfacer requerimientos establecidos para su uso en la fabricación de mezcla asfáltica en caliente. para su trabajabilidad es necesario su calentamiento.

Calibración: acción de calibrar - ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con los valores de la magnitud que ha de medir

Cemento asfáltico: material obtenido por refinación de residuos de petróleo, y que debe satisfacer requerimientos establecidos para su uso en la fabricación de mezcla asfáltica en caliente. para su trabajabilidad es necesario su calentamiento.

Filler: agregado extremadamente fino.

Gasolina: mezcla de hidrocarburos líquidos volátiles e inflamables obtenidos del petróleo crudo, que se usa como combustible en diversos tipos de motores.

Kerosene: una de las fracciones del petróleo natural, obtenida por refinación y destilación, que se destina al alumbrado y se usa como combustible en los propulsores de chorro

Granulometría: distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido, determinada de acuerdo con método normalizado de agregados pétreos: método para tamizar y determinar la granulometría.

Petróleo: líquido natural oleaginoso e inflamable, constituido por una mezcla de hidrocarburos, que se extrae de lechos geológicos continentales o marítimos. mediante diversas operaciones de destilación y refinado se obtienen de él distintos productos utilizables con fines energéticos o industriales, como la gasolina, la nafta, el queroseno, el gasóleo.

Plantas de asfalto: plantas utilizadas para la producción de mezcla asfáltica en caliente.

Quemador: dispositivo mecánico, utilizado para crear una llama de combustión

Refinación: acción y efecto de refinar

INTRODUCCIÓN

El asfalto es un material que contiene unas características interesantes por su resistencia, es muy adhesivo, altamente permeable, duradero, tiene una flexibilidad controlable y es altamente resistente a los ácidos y sales. por ello y más propiedades es un material confiable para su uso, instalación y mantenimiento.

El asfalto también es un derivado natural del petróleo, el cual se destila para separar sus diversas fracciones, de las cuales se puede enumerar la gasolina, solventes livianos, kerosene, aceite livianos de quemador, aceites diesel, aceites lubricantes, cementos asfálticos, asfaltos diluidos de diferentes tipos de curado, gas, etc. aunque hay que aclarar que solo el 20% de las fuentes son aptas para producir de manera directa el asfalto.

En Colombia se tiene dos grandes refinerías, que son propiedad de la empresa Ecopetrol, la cual tiene una capacidad de refinación de 236 mil barriles diarios de crudo, Ecopetrol tiene la refinería más importante en Barrancamermeja, la cual es más conocida como el complejo industrial de Barrancamermeja, con una capacidad de refinación de 160 Mil barriles de crudo, en este complejo también se producen combustibles, lubricantes y petroquímicos. la otra refinería está localizada en Cartagena y tiene una capacidad de 76 mil barriles diarios de crudo, abasteciendo de combustible y cemento asfáltico al norte y parte del occidente y centro del país. en la región de Apiay (Meta), se encuentra localizada la planta de asfalto, destinada al fraccionamiento de crudos pesados. la carga actual a la planta es de aproximadamente 2 mil barriles de crudo al día.¹

Al ser el asfalto un material de mucho uso en el país, es necesario el realizar varios tipos de ensayo para garantizar las obras. para ello se necesita tener un manejo adecuado del asfalto, y saber que cada tipo de asfalto tiene unas características especiales, razón por la cual los ensayos de seguridad, son muy importantes para la manipulación del asfalto, estos ensayos son los primeros que se deben tener en cuenta, para poder determinar las propiedades físicas del asfalto y así poder llegar a un producto de muy buena calidad para su instalación.

¹ ARENA LOZANO, HUGO LEON, Tecnología del cemento asfáltico, Colombia: Editorial FAID 4ta edición, Septiembre 2005.

- Generalidades

- Título

Control de calidad de la mezcla asfáltica en caliente tipo mdc-2 producida por la planta de "trae Ltda" ubicada en el sector de Torobajo municipio de Pasto, mediante la medición de las propiedades del cemento asfáltico en respuesta al calor y a la llama bajo condiciones controladas en laboratorio bajo la guía de la norma INVIAS I.N.V. E – 709 – 07.

- Línea de investigación

Materiales para carreteras y pavimentos.

- Alcance y delimitación

El estudio se realizará con asfalto suministrado desde la planta productora de asfalto de Ecopetrol en Barrancabermeja, transportada por Humberto Quintero a la planta de asfalto compararlo con los resultados mandados por Ecopetrol y los obtenidos por la planta de asfalto trae Ltda. En la realización del laboratorio se procederá a realizar un plan de Trae Ltda. En la ciudad de Pasto; en donde se realizará el estudio a la mezcla con el aparato de Cleveland, para poder determinar el punto de llama y de ignición del asfalto y acción para mejorar proceso de seguridad industrial para la realización del ensayo I.N.V.E 709-07. Ya que la norma deja este punto a criterio del laboratorista.

- Descripción del problema

En Colombia y sobre todo en la región de Nariño, la mayoría de las vías rurales y urbanas pavimentadas, se encuentran en pavimento asfáltico, actualmente estas vías muestran preocupantes signos de deterioro, por lo que en unos pocos años más, se tendrán que realizar gigantescas inversiones, ya que en poco tiempo los asfaltos llegan al fin de su vida útil, todo esto debido a que las empresas productoras de concreto asfáltico no están lo suficientemente comprometidas con la calidad de sus procesos y productos.

Es en virtud de dicha problemática que surgió la inquietud de realizar la investigación que pretende proporcionar información básica para el control de calidad en el proceso de producción de la mezcla asfáltica en caliente. Procedimientos correctos de control de calidad y prácticas eficientes de planta conllevan a pavimentos terminados de calidad superior.

Siendo egresados de la Especialización en Ingeniería de Carreteras, de la Universidad de Nariño y teniendo la experiencia en interventoría y construcción de

pavimentos tanto hidráulicos como asfálticos, notamos la necesidad de tener un laboratorio con los elementos necesarios para el seguimiento y control de los parámetros básicos de las mezclas asfálticas en caliente producidas en el municipio de pasto. Interesados en colaborar con la universidad de donde somos egresados, hemos decidido donar los equipos necesarios para que el alma mater capacite a sus egresados de pregrado y de los próximos posgrados, en el control de algunos de los parámetros básicos que deben cumplir las mezclas asfálticas.

- Formulación del problema

¿Qué diferencias hay entre los resultados de laboratorio de Ecopetrol, la planta trae Ltda. y los laboratorios realizados en la Universidad de Nariño?

- Justificación

El uso del asfalto para la construcción de carreteras comenzó a finales del siglo pasado, y creció rápidamente con el surgimiento de la industria automotriz. Desde entonces, la tecnología del asfalto ha dado grandes pasos. Hoy día, los equipos y los procedimientos usados para construir estructuras de pavimentos asfálticos son bastante sofisticados.

Una regla que no ha cambiado a través de la larga historia del asfalto en la construcción, es la siguiente: un pavimento es tan bueno como los materiales y la calidad del proceso constructivo. ningún equipo sofisticado puede compensar el uso de materiales y técnicas constructivas deficientes.

la calidad del pavimento terminado, como su servicio al público, dependerán de que tanto se ha cumplido los requisitos estipulados. es por ello que el diseño de mezclas y un adecuado proceso de producción de mezclas asfálticas es de suma importancia en el resultado final.

Esta investigación pretende crear una buena referencia para todo el personal que esté involucrado con las operaciones de producción de mezclas asfálticas en caliente, y además se busca tener herramientas en el laboratorio de ingeniería civil, para que los estudiantes de la facultad tengan un criterio sólido y bien fundamentado en prácticas, para ser aplicado en su vida profesional.

- Objetivos

Objetivo general. Realizar una comparación entre los resultados obtenidos en el laboratorio de la facultad, los resultados de laboratorio que tiene la planta de asfalto trae Ltda. y el reporte de resultados que envía Ecopetrol con el asfalto desde Barrancabermeja.

- objetivos específicos. realizar una descripción de todo el proceso realizado, en la obtención de punto de ignición y de llama mediante la copa abierta de cleveland, bajo la norma I.N.V.E – 709-07

Proponer un plan de acción para mejorar proceso de seguridad industrial para la realización del ensayo I.N.V.E 709-07.

Dar a conocer recomendaciones para una posible implementación de normas de calidad.

Reconocer las causas asociadas con la posible ocurrencia de accidentes en el manejo del cemento asfáltico en estado de almacenamiento.

Realizar el laboratorio de punto de ignición y de llama mediante la copa abierta de Cleveland bajo la norma I.N.V.E – 709-07, en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Nariño.

Recopilar la información sobre el laboratorio de punto de ignición y de llama en la planta trae Ltda.

Recopilar la información de los laboratorios realizados por Ecopetrol en el asfalto suministrado a la planta trae Ltda. Especialmente al asfalto con el que se va a trabajar.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 PETRÓLEO

1.1.1 Origen del petróleo. El petróleo es un mineral combustible líquido el cual se encuentra en la envoltura sedimentaria de la tierra. La palabra proviene del latín *petra* (piedra) y *oleum* (aceite). El origen del petróleo ha sido un tópico de interés para muchos investigadores. Saber su origen es muy complicado. Una gran mayoría de químicos y geólogos dicen que tiene un origen orgánico, mientras que otros científicos piensan que se forman en la naturaleza. De este modo se tiene dos teorías:

Teoría orgánica

Teoría inorgánica (Abiógena)

El método Abiógeno considera que las sustancias inorgánicas, mediante transformaciones químicas, forman el petróleo. Pero es conocido que el petróleo tiene sustancias orgánicas. el problema que se plantea pues es saber que transformaciones dan lugar a materia orgánica a partir de materia inorgánica.

La teoría orgánica dice que el petróleo y el gas se forman a partir de las sustancias orgánicas de las rocas sedimentarias. Se considera que el primer material orgánico que se acumula en las rocas sedimentarias está formado por residuos muertos de la microflora y de la microfauna, que se desarrollan en el agua del mar y a las cuales se añaden restos animales y vegetales por transporte.

En las capas superiores de las rocas sedimentarias esta materia orgánica sufre descomposición por acción de O_2 y bacterias. Se desprenden en este proceso CO_2 , N_2 , NH_3 , CH_4 , C_2H_6 . a la vez se forman los primeros productos líquidos solubles en agua. El material más estable respecto a la acción química y bacteriana queda en las zonas sedimentarias. a medida que pasa el tiempo, las rocas sedimentarias van quedando enterradas por otras capas que se superponen a lo largo de mucho tiempo. aquí hay un medio reductor, hay temperaturas más altas que llegan hasta los $200^\circ C$, presiones considerables que se mueven en el rango entre 10 y 30 Mpa, y además toda esta masa estará encajonada entre otras rocas, las cuales pueden tener sustancias que funcionen como catalizadores de la reacción (arcillas). Esto hace que se produzcan una serie de transformaciones en los suelos.

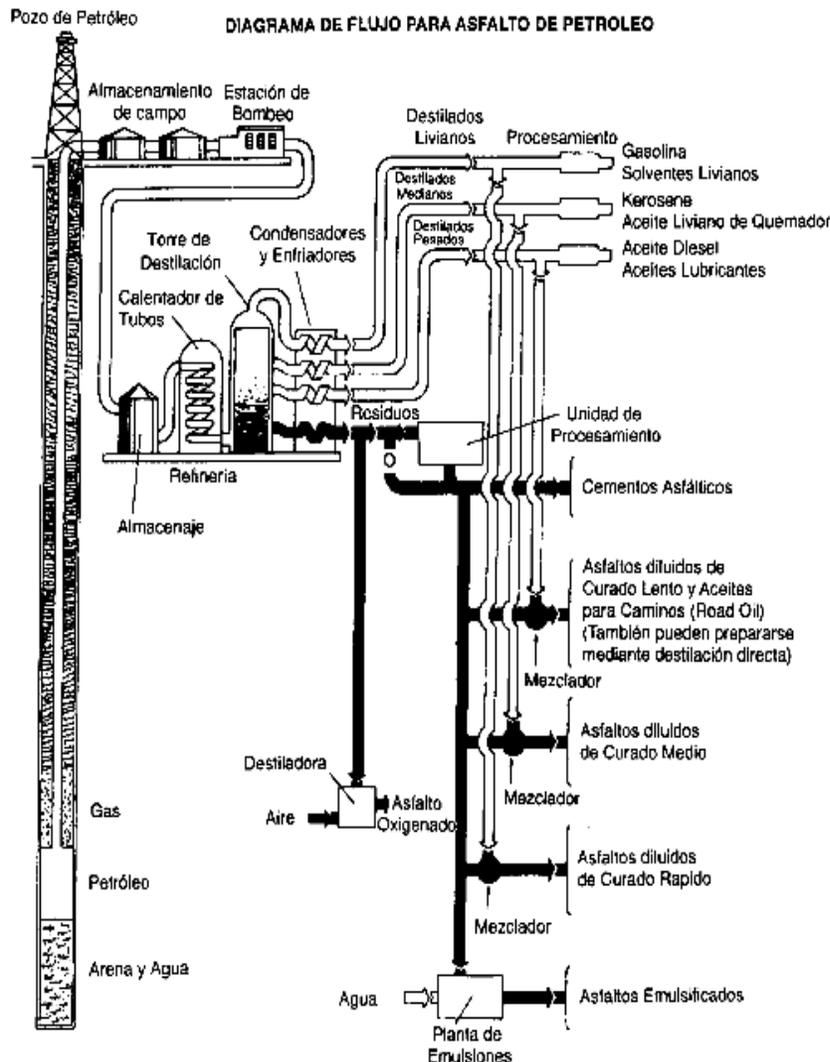
La teoría orgánica actual, considera que es en esta etapa cuando las sustancias orgánicas, especialmente los lípidos, sufren la descomposición debido a los efectos térmicos y catalíticos dando lugar a los hidrocarburos constituyentes del petróleo. Como el material orgánico, del cual procede el petróleo se encuentra

disperso, los productos resultantes de su transformación (gas o petróleo) también estarán dispersos en la roca madre petrolífera. El petróleo es líquido y el gas está en estado gaseoso las bolsas de petróleo y gas emigran, por lo que no se lo va a encontrar donde se formaron. Los geólogos denominan a este fenómeno migración, que puede ser primaria o secundaria.

Como resultado de la migración primaria, el petróleo y el gas se van a colocar en las rocas vecinas, siempre que sean porosas. Las causas de esto pueden ser un desalojamiento forzado, difusión (el petróleo busca otro sitio; los que más se difunden serán los gases), desplazamiento debido al agua, presión por causa de los estratos, filtración por los poros de las rocas encajonantes, puede viajar como mezcla de gas y vapor cuando hay grandes temperaturas y presiones. Esta masa de petróleo y gas va a moverse posteriormente hacia arriba, en lo que se denomina migración secundaria, a través de los estratos porosos y como consecuencia de la gravedad o de la presión de las placas tectónicas. Emigra hasta llegar a la roca impermeable que no permite la difusión a través de ella. Esto se denomina trampa estratigráfica para la bolsa de petróleo.

En un yacimiento siempre se tiene el casquete formado por gas que está siempre en equilibrio con el petróleo líquido. Esta acumulación de gas y petróleo en las trampas es lo que se le denomina depósitos petrolíferos. Si su cantidad es grande o hay varios depósitos en las rocas se habla de yacimientos de petróleo o gas o de ambos, según cuál sea el mayoritario en cada caso. El petróleo y el gas se encuentran difundidos en un gran espacio, y de ahí vienen el nombre que a los yacimientos se les da como campos petrolíferos. Esto es así porque las condiciones en las rocas hacen que el petróleo y el gas llenen los poros de las rocas encajonantes. así, cuanto mayor sea el coeficiente de porosidad de las rocas, más se van a encontrar saturadas de petróleo. Como consecuencia, las arcillas, y en particular las húmedas, que prácticamente no tienen poros, serán buenas rocas cobertoras. Además de petróleo o gas en un depósito o yacimiento, también vamos a encontrar agua, que procede de la materia inicial de la que procede el petróleo. Esta agua va a ser salada, y el eliminarla es uno de los primeros problemas que se presentan al tratar un crudo. Los yacimientos de petróleo se encuentran a 900-2000 m de profundidad, y es raro que el petróleo aflore a la superficie.

Imagen 1. Proceso típico de refinación



Fuente: ASPHALT INSTITUTE, principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente ms-22; 1982; pág. 13

1.1.2 Los crudos en Colombia. Los crudos que se extraen de los pozos colombianos son líquidos, de densidad menor a la del agua, estos crudos son muy viscosos y están compuestos por una serie muy compleja de hidrocarburos. Los crudos poseen muchas impurezas entre las cuales se puede mencionar, el azufre, el oxígeno y el nitrógeno, entre otros.

1.1.3. Reseña histórica de Ecopetrol². La naciente empresa asumió los activos revertidos de la tropical oil company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del campo la cira-infantas en el valle medio del río magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

Ecopetrol emprendió actividades en la cadena del petróleo como una empresa industrial y comercial del estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación.

En 1961, asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956.

En 1970, adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del estado, vinculada al ministerio de minas y energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la contraloría general de la república.

La empresa funciona como sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines, conforme a las reglas del derecho privado y a las normas contenidas en sus estatutos, salvo excepciones consagradas en la ley (decreto 1209 de 1994).

En septiembre de 1983, se produjo la mejor noticia para la historia de ecopetrol y una de las mejores para Colombia: el descubrimiento del campo caño limón, en asocio con oxy, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de millones de barriles.

En los años noventa Colombia prolongó su autosuficiencia petrolera, con el descubrimiento de los gigantes cusiana y cupiagua, en el piedemonte llanero, en asocio con la British Petroleum Company. En 2003 el gobierno colombiano reestructuró la empresa colombiana de petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos. con la expedición del decreto 1760 del 26 de junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la empresa colombiana de petróleos y la convirtió en ecopetrol s.a., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal, vinculada al ministerio de minas y energía y regida por sus estatutos protocolizados en la escritura pública número 4832 del 31 de octubre de 2005, otorgada en la notaría segunda del circuito notarial de Bogotá D.C., y aclarada por la escritura pública número 5773 del 23 de diciembre de 2005.

² ECOPETROL. Perspectiva. Histórica (disponible en).
<http://portal.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=32&conID=36271>(citado el 20 de Junio de 2011)

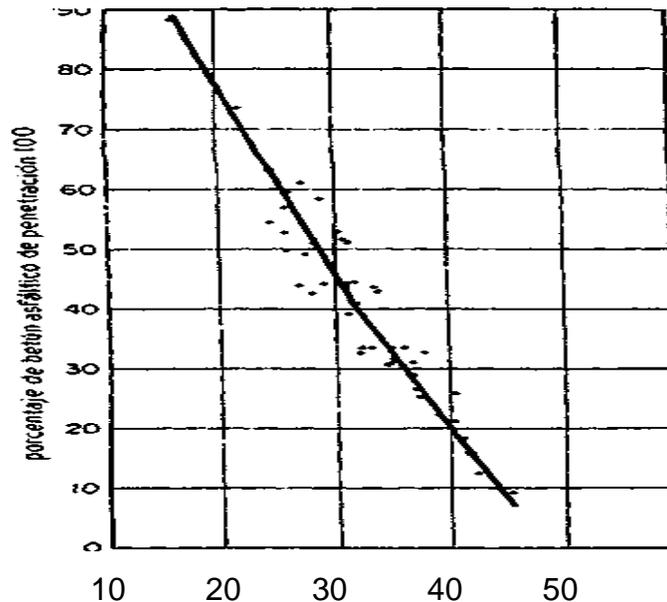
La fuente del crudo para la producción de asfaltos es el factor más significativo en su calidad. Cada fuente de erado se define por un área específica de un depósito que produce un crudo de características similares. Por lo general, se compone de una serie de pozos que se encuentran localizados en distintas secciones a todo lo largo del depósito o yacimiento petrolífero. Así que todos los pozos que están en ese campo producen crudos que se mezclan para obtener un crudo con características uniformes invariables durante el tiempo de producción de ese campo. Cada yacimiento tiene su propio tamaño y se ha definido con cierta precisión la cantidad de crudo que va a producir durante cierto tiempo. a nivel mundial se ha determinado que para producir un buen asfalto es necesario mezclar dos, tres o más fuentes de crudo diferentes. Si una determinada fuente no cuenta con las propiedades aceptables, se le puede mezclar con otra fuente para producir una mezcla que tenga propiedades aceptables para obtener un asfalto de buena calidad.

Sólo un 20% de las fuentes son aptas para producir de manera directa un asfalto. En Colombia, los asfaltos que se producen en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena son producto de la destilación de una mezcla de crudos provenientes de distintos campos, mientras que al mezclar los crudos Apiay y castilla se obtiene el asfalto de la planta de Apiay en el departamento del Meta.

Otro factor a tener en cuenta en la selección de la fuente de crudo tiene que ver con el rendimiento o cantidad de asfalto que se puede obtener de él. Dicho rendimiento depende de la densidad del crudo o su grado api. Entre más pesado sea el crudo, más asfalto se va a obtener de esa fuente. Por lo general, los rendimientos varían desde el 1 % en crudos muy livianos hasta el 60% en crudos pesados. Las diferentes cantidades de cemento asfáltico que se pueden obtener de los crudos del petróleo, en función de su grado API, se observan en la Imagen 2.

Se puede ver cómo para un api de 10 es posible obtener alrededor de un 80% de asfalto, mientras que para un api de 30 se obtiene sólo un 20% de asfalto. obviamente existe cierta dispersión para algunos crudos, pero esta relación es aproximada para la mayoría de los crudos que se conocen en el mundo. Cuando la fuente de crudo cambia de una a otra, es necesario ajustar las temperaturas de refinación con el fin de compensar dicho cambio. Las diferentes cantidades de asfalto que se pueden obtener de distintos crudos se observan en la Imagen 2.

Imagen 2. Variación del contenido de cemento asfáltico con el grado api del crudo



Peso específico A.P.I. Del crudo

Fuente: ARENA LOZANO, HUGO LEON, tecnología del cemento asfáltico, colombia: editorial faid 4ta edición, septiembre 2005, pág. 60

1.2 DEFINICIÓN Y PROCEDENCIA DEL ASFALTO

El asfalto es un material oscuro, de propiedades ligantes y aglutinantes, el cual presenta una serie de elementos y compuestos en los que los hidrocarburos son el principal compuesto, este material es soluble en gran parte en disulfuro de carbono, con una consistencia semisólida a temperatura ambiental, pero al incrementar la temperatura cambia muy fácil su estado a líquido. Razón por la cual es muy usado en muchos tipos de obra civil, especialmente en obras viales.

El asfalto, es parte integral de muchos petróleos en los que existe en solución.

Mediante el proceso de refinación se separan las fracciones volátiles quedando el asfalto como residuo de dicho proceso. En procesos de destilación natural a través de millones de años, se han formado depósitos naturales de asfalto, algunos libres de impurezas y otros en los que se encuentra mezclado con cantidades variables de minerales, agua y otras sustancias. Los depósitos naturales en que el asfalto se presenta dentro de la estructura de una roca porosa se conocen comúnmente con el nombre de asfaltos de roca o roca asfáltica.

En la actualidad existe una terminología adoptada oficialmente en casi todos los países del mundo. Los principales términos son los siguientes:

Bitume (betún). Mezcla de hidrocarburos de origen natural, acompañado de sus derivados no metálicos. De consistencia líquida, aceitosa o sólida; sustancia combustible que se encuentra dentro de la tierra.

Asphalte. Betún sólido preparado a partir de hidrocarburos naturales o derivados de hidrocarburos naturales por destilación, oxidación o cracking. de consistencia sólida, con bajo contenido en productos volátiles, con propiedades aglomerantes y soluble en sulfuro de carbono.

Alquitrán (Goudron). Material de consistencia viscosa y semifluida, de olor fuerte y penetrante y sabor amargo, resultante de la combustión y la destilación de las diferentes partes de los árboles, especialmente los pinos y los abetos.

1.2.1 Usos más comunes del asfalto. **Concreto asfáltico:** es una mezcla en caliente, de alta calidad y perfectamente controlada, de cemento asfáltico y agregados de buena calidad bien gradados, que se debe compactar perfectamente para formar una masa densa y uniforme.

Sello con lechada de emulsión asfáltica: es una mezcla de asfalto emulsionado de rotura lenta, agregado fino y un mineral de relleno, a la que se le añade agua para darle consistencia de lechada.

Sello negro de asfalto: es una aplicación ligera de emulsión asfáltica de rotura lenta diluida en agua. Se utiliza para renovar superficies asfálticas viejas y para sellar grietas y pequeños vacíos de la superficie.

Carpeta asfáltica de nivelación: es una capa (mezcla de agregado y asfalto) de espesor variable utilizada para eliminar irregularidades de la superficie existente antes de cubrirla con un tratamiento nuevo o con una carpeta de recubrimiento.

Carpeta asfáltica de recubrimiento: consiste en una o más capas asfálticas aplicadas sobre el pavimento existente. la carpeta de recubrimiento generalmente consiste de una carpeta de nivelación, para corregir las irregularidades del pavimento viejo, seguida por una o varias carpetas de grosor uniforme, hasta obtener el espesor total necesario.

Pavimentos asfálticos: son pavimentos compuestos por una capa superficial de agregado mineral recubierto y aglomerado con cemento asfáltico, colocada sobre superficies de apoyo tales como bases asfálticas, piedra triturada o grava; o sobre un pavimento de concreto de cemento portland, de ladrillo o bloques.

Capa de imprimación asfáltica: se llama así a la aplicación de un asfalto líquido de baja viscosidad a una superficie absorbente. Se suele utilizar para preparar una base no tratada que vaya a ser recubierta con una carpeta asfáltica.

Capa de sello asfáltico: es un tratamiento superficial consistente en la aplicación de una capa delgada de asfalto para impermeabilizar y mejorar la textura de la carpeta asfáltica superficial.

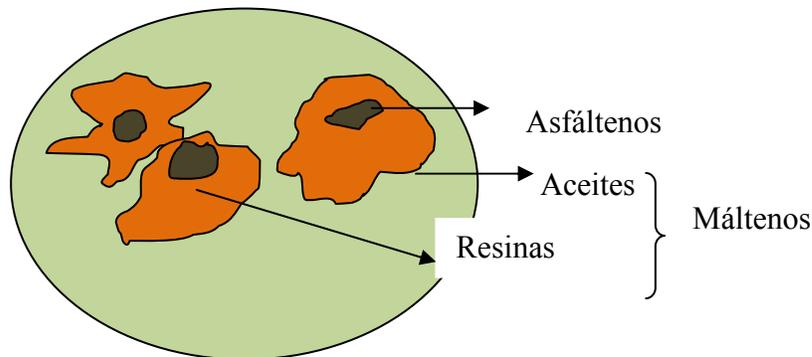
Tratamientos asfálticos superficiales: son aplicaciones a cualquier tipo de carretera, superficie o pavimento, de materiales asfálticos con o sin recubrimiento de agregado mineral, de espesor no mayor de 25 cm.

Capa de pega asfáltica: es una aplicación muy ligera de asfalto líquido sobre una superficie de cemento portland. El tipo de asfalto preferido es la emulsión asfáltica diluida en agua. Se emplea para asegurar la adhesión de la nueva carpeta de la superficie que se va a pavimentar.

1.2.2 Propiedades químicas de los asfaltos. La composición química de los asfaltos está basada en una mezcla muy compleja de compuestos orgánicos de alto peso molecular, de donde hay una gran presencia de hidrocarburos los cuales pueden pertenecer a uno o varios de los siguientes grupos: alifáticos saturados o parafínicos, nafténicos o cicloparafínicos, aromáticos, alifáticos no saturados. Los hidrocarburos están constituidos principalmente por hidrógeno y carbono, que también se encuentran presentes en los azufres, nitrógeno, vanadio, níquel, los cuales tienen un papel muy importante en el comportamiento del asfalto.

La estructura química del asfalto se ha basado principalmente en la separación de fracciones a través de diversos tipos de disolventes como lo son el n-pentano, n-heptano, n-butano, entre otros. De estas fracciones obtenidas se determina que la estructura molecular del asfalto dadas sus características es considerado un colide de flujo no newtoniano, por elasticidad retardada, su exudación de aceites, floculación de asfaltenos.

Imagen 3. Estructura coloidal



Fuente: notas de clase tecnología de asfaltos, especialización ingeniería de carreteras, universidad de nariño.2008

Los sistemas coloidales pueden ser de dos tipos; los sistemas tipo sol, y los sistemas tipo gel. Para poder determinar el tipo de sistema se tiene que realizar una disolución consistente en un disolvente y un soluto.

De acuerdo con la teoría de Pfeiffer, una teoría europea, dice que si existe un alto contenido de resinas y compuestos aromáticos, equilibra la capacidad de absorción de los asfaltenos, siendo clasificado como sistema coloidal sol; y si no hay capacidad de saturación de la absorción el sistema es clasificado como sistema coloidal tipo gel.

Los asfaltenos se definen como partículas cuyo color va desde el café oscuro hasta el negro, sin punto de fusión definido, con alto peso molecular (103-105 una – unidad de masa atómica), formados por sistemas de anillos aromáticos polinucleares, los cuales concentran compuestos indeseables metales pesados y azufre. el contenido de asfaltenos varía en un cemento asfáltico (15-20%), pero este valor no define nada en el comportamiento en servicio. pero si hay que tener en cuenta que el crudo pesado y mediano genera un producto de mayor calidad que un crudo liviano.

Los máltenos son la fracción soluble en los hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición, están constituidos por anillos aromáticos, anillos parafínicos y poca parafina, generalmente existe mayor cantidad de máltenos que de asfaltenos. los asfaltenos le dan calidad al asfalto, ya que regulan en gran parte las propiedades químicas de los asfaltos.

Los máltenos se separan por métodos físicos en resinas y aceites, las resinas son más pesadas y tienen un punto de ebullición más elevado y un carácter más aromático, presentan mayor parte de absorción, los aceites son de menor poder

absorción , están compuestos por aromáticos de nafta y sus componentes saturados.

Para poder dar una breve descripción de lo anterior y no enredar la lector, se concluye que los asfáltenos son los responsables de la dureza de los asfaltos, las resinas proporcionan características cementantes o aglutinantes y los aceites la consistencia necesaria para hacerlos trabajables.

1.2.3 Propiedades físicas de los asfaltos. Las propiedades físicas de los asfaltos son el resultado de la realización de ensayos empíricos o semiempíricos, en las cuales se quiere determinar su reología. la reología es la ciencia que estudia el comportamiento del asfalto a través del tiempo de aplicación de una carga.

Los ensayos utilizados para la caracterización física se pueden agrupar en cinco categorías:

- 1.- ensayos para medir la consistencia
- 2.- ensayos de durabilidad
- 3.- ensayos de pureza
- 4.- ensayos de seguridad
- 5.- otros ensayos

1.2.4 Ensayos para medir la consistencia. la consistencia se define como el grado de fluidez que tiene un asfalto a una determinada temperatura. Entre los ensayos más utilizados para la medición de la consistencia, se tiene:

- la viscosidad

La viscosidad es la relación entre la fuerza aplicada y la velocidad con la que fluye.

Por lo tanto la viscosidad de un asfalto es una de sus características más importantes desde el punto de vista de su comportamiento en el momento de su aplicación cuando su consistencia es suficientemente reducida. la viscosidad depende de la temperatura, por lo que su determinación a diferentes temperaturas da una idea de cuál es su susceptibilidad térmica.

En lo normatividad INVIAS que rige para Colombia se tiene para los ensayos de laboratorio referente a la viscosidad los siguientes métodos³:

³ INVIAS. Instituto Nacional de Vías - normas de ensayo de materiales para carreteras- 2007

Viscosidad Saybolt Universal y viscosidad Saybolt Furol (I.N.V.E -714-07) (para temperaturas altas de mezclado)

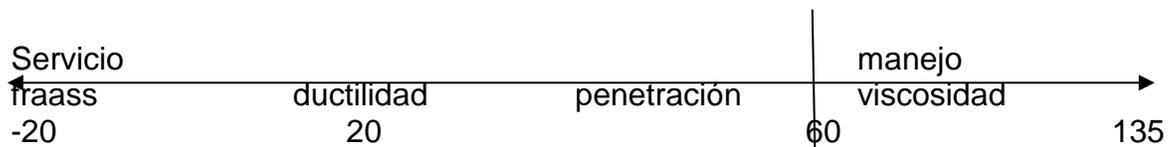
Viscosidad Saybolt Universal – es el tiempo en segundos, corregido, durante el cual fluyen 60 ml de muestra a través de un orificio universal calibrado bajo condiciones específicas. el valor de la viscosidad se informa en segundos saybolt universales (ssu) a una temperatura especificada.

Viscosidad Saybolt Furol – es el tiempo en segundos, corregido, durante el cual fluyen 60 ml de muestra a través de un orificio furol calibrado bajo condiciones específicas. el valor de la viscosidad se informa en segundos saybolt furol (ssf) a una temperatura especificada.

Viscosidad Cinemática de asfaltos I.N.V. E – 715 – 07(temperaturas medias de mezclado o manejo)

Viscosidad Cinemática – es la relación entre la viscosidad dinámica o absoluta y la densidad de un líquido; es una medida de la resistencia al flujo bajo la acción de la gravedad. La unidad si es m^2/s ; es más conveniente, para uso práctico, el submúltiplo mm^2 /s . la unidad cgs es $1 cm^2/s$ y se llama Stoke (St).

Imagen 4. Diagrama de servicio y manejo del asfalto



Fuente: notas de clase tecnología de asfaltos, especialización ingeniería de carreteras, Universidad de Nariño.2008

Se determina la viscosidad por viscosidad absoluta media en poises, viscosidad sayboit furol = viscosidad cinemática medida en centi Stokes.

De donde:

- 1 $pa*s$ = 10 poises
- 1 poise = $1g/ (cm*s)$
- 1 stoke = $1 cm^2/s$
- 1centistoke = $1mm^2/s$

- Densidad

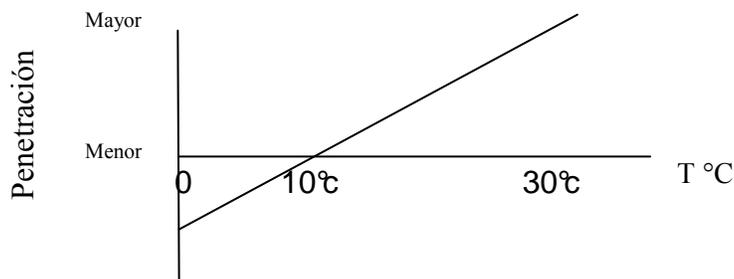
En los asfaltos usados para la construcción de pavimentos la densidad varía desde 0.9 – 1.4 $kg. /m^3$. Los valores más altos de densidad de un asfalto

corresponden a los asfaltos procedentes de crudos con un alto contenido de hidrocarburos aromáticos. La medida de la densidad sirve de control de la uniformidad de un suministro.

- índice de penetración de cementos asfálticos I.N.V. E – 724 (usado para medir la consistencia del cemento asfáltico a temperaturas medias de servicio 25°C)

La penetración es una medida de la consistencia del asfalto, que se determina midiendo en décimas de milímetro, la longitud de una aguja normalizada que entra en una muestra en unas condiciones especificadas de tiempo, temperatura y carga. Esta cualidad, por si sola, no permite identificar un asfalto, pero sí define si el producto que está sometido al ensayo es líquido, semilíquido, semisólido o sólido. La penetración de un producto asfáltico disminuye cuando la densidad del mismo aumenta.

Imagen 5. Diagrama penetración vs temperatura

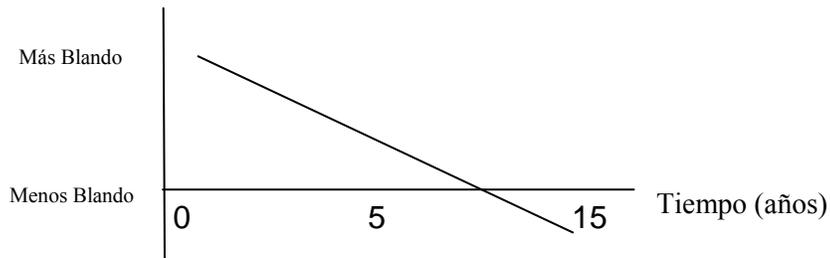


Fuente: notas de clase tecnología de asfaltos, especialización ingeniería de carreteras, universidad de nariño.2008

- Punto de ablandamiento de materiales bituminosos (aparato de anillo y bola) I.N.V. E – 712 – 07 (temperaturas altas de servicio 60°C)

El punto de ablandamiento es útil para clasificar productos bituminosos y es un valor índice de la tendencia del material a fluir cuando está sometido a temperaturas elevadas, durante su vida de servicio. También, puede servir para establecer la uniformidad de los embarques o fuentes de abastecimiento.

Imagen 6. Punto de ablandamiento vs temperatura



Fuente: notas de clase tecnología de asfaltos, especialización ingeniería de carreteras, universidad de nariño.2008

- Ductilidad de los materiales asfálticos - I.N.V. E – 702 – 07 (temperaturas medias de servicio 25°C)

Una de las más importantes propiedades que tiene el cemento asfáltico de mantenerse coherente bajo grandes deformaciones dadas por el tránsito.

1.2.4 ensayos de durabilidad. Los asfaltos al ser mezclados con agregados pétreos en las plantas y por otros tipos de exposiciones, tienen a envejecer. El término de envejecimiento para un asfalto hace referencia a la pérdida gradual de las propiedades físicas. Por ello es de mucha importancia el tener un manejo adecuado de la mezcla para no acelerar el proceso de envejecimiento del asfalto, lo que generaría en obra un menor tiempo de vida útil del pavimento.

Durante muchos años se ha venido utilizando el ensayo al horno en película fina (TOF) y el ensayo de película fina y rotatoria (RTOF), para poder simular en laboratorio el envejecimiento del asfalto. Siendo este último el escogido por la SUPERPAVE (pavimentos asfálticos con comportamiento superior), la cual es un producto de SHRP (siglas en inglés de programa estratégico de investigación en carreteras) se encuentra la metodología a seguir en bajo la norma INVIAS I.N.V.E 720-07 con el título de ensayo en el horno de lámina asfáltica delgada en movimiento.

1.2.5 Ensayos de pureza. Los cementos asfálticos están constituidos casi siempre por un bitumen puro, el cual es soluble en disulfuro de carbono. Para determinar el grado de impurezas del cemento asfáltico se realiza en el ensayo “SOLUBILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS EN TRICLOROETILENO O TRICLOROETANO I.N.V. E – 713 – 07 (para materiales asfálticos con poca materia mineral o que carezcan de ella)”.

la muestra se disuelve en tricloroetileno o tricloroetano y se pasa a través de un filtro de papel o almohadilla de fibra de vidrio. el material insoluble es lavado, secado y pesado.

1.2.6. Ensayos de seguridad. El cemento asfáltico es calentado a temperaturas altas, este produce vapores los cuales en presencia de alguna chispa pueden prenden; en las plantas asfálticas se acumula por lo general una cantidad considerable de asfalto, el cual si no se tiene el conocimiento de su punto de ignición y de llama, puede generar un gran desastre. El ensayo que determina el punto de ignición y de chispa está determinado en la norma INVIAS bajo el nombre “puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta CLEVELAND I.N.V. E – 709 – 07”. Ensayo de estudio ya que la seguridad industrial en nuestro entorno no se está tomando con la precaución necesaria a la hora de manipular este material que puede ser muy peligroso en su uso en las plantas y un punto de control de temperaturas para otros ensayos. El ensayo se puede realizar de acuerdo con la normatividad de dos formas I.N.V. E – 709 – 07 puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland y la I.N.V.E 710-07 punto de ignición mediante copa abierta tag. ya que en la universidad de Nariño y en las plantas de asfalto no se encontró aparatos para su medición y por la falta de interés en este tipo de ensayos, por ello es necesario el comprar los aparatos necesarios (aparato de copa abierta aparato de CLEVELAND) para poder realizar los ensayos y compararlos con los resultados enviados por Ecopetrol. Para ello se presenta la teoría de la norma:

- Puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland. I.N.V. E – 709 – 07

Resumen del método

La copa del ensayo se llena con la muestra hasta un nivel especificado. Se aumenta rápidamente la temperatura inicial de la muestra y luego a una rata constante y lenta, a medida que se aproxima al punto de ignición. A intervalos de tiempo especificados se pasa una pequeña llama de ensayo a través de la copa. la temperatura más baja a la cual la aplicación de la llama de ensayo haga que se incendien los vapores que se encuentran por encima de la superficie del líquido, se toma como el punto de ignición. Para determinar el punto de llama, se continúa la aplicación de la llama de ensayo hasta cuando ésta haga que el aceite se queme por lo menos durante 5 segundos.

Imagen 7. Aparato de CLEVELAND copa abierta



Fuente: manual de funcionamiento de la Humbolt, para el aparato de Cleveland copa abierta

1.2.7. Otros ensayos. Entre las propiedades que se puede mencionar está el peso específico, la fragilidad y el ensayo de mancha.

la determinación del peso específico a diversas temperaturas es de gran utilidad ya que es mucho más fácil el medir volúmenes que pesos, el método más usado para determinación del peso específico es el método del picnómetro, el cual generalmente se expresa en términos de peso específico a una temperatura dada para el agua y el cemento asfáltico; todos los cementos asfálticos son frágiles en un mayor o menor grado, bajo aplicaciones de carga, la rotura puede ocurrir de dos formas, la primera rotura sin deformación plástica apreciable, la cual se produce tan rápido como la tensión que actual sobre el material alcanza un valor determinado; y la segunda la rotura plástica la cual ocurre cuando se aplica a un cuerpo una velocidad de deformación continua, de donde el asfalto estilara hasta llegar a su punto máximo de ductilidad. el ensayo más usado para determinar la fragilidad es el ensayo Fraass; también dentro de esta categoría se encuentra el ensayo de mancha, el cual ayuda a detectar reordenamientos moleculares producidos por la exposición del asfalto a grandes temperaturas. dando como resultado un crackeo de las moléculas del cemento asfáltico.

1.3 PLANTAS DE ASFALTO

Las plantas de asfalto juegan el papel más importante en la construcción de un pavimento asfáltico, ya que en este sitio es donde se realiza la mezcla entre el cemento asfáltico y los áridos. Depende de esta mezcla la calidad y el buen

comportamiento que tenga el pavimento asfáltico, por ello se realizara una breve descripción de las plantas asfálticas y en especial la planta de TRAE Ltda.

1.3.1 Composición de una planta de asfalto. Una planta de asfalto está compuesta por distintos elementos que se describirán a continuación:

1.3.2. Predosificador de áridos. Este equipo lo integran varias tolvas (4 o 5) para el almacenaje de los distintos tipos. Cada tolva dispone de un alimentador de regulación independiente. En general, se destinan dos tolvas para arena, ya que, normalmente, son precisos dos tipos de este material para inscribir la fórmula del producto que se ha de preparar dentro de las curvas límites: una para garbancillo, otra para gravilla y una tercera para gravilla fina. Puede trabajarse normalmente con sólo cuatro tolvas, pero si se dispone de la quinta, puede pasarse con mayor facilidad de la fabricación de un hormigón asfáltico de capa superficial a la de una capa de base, así como corregir, en caso necesario, un árido deficiente en alguno de los tamices. Cada una de las tolvas está provista de su correspondiente alimentador, que debe regularse independientemente. Existe un gran número de sistemas de alimentación. Son de muy simple regulación los electromagnéticos, cuyo funcionamiento es correcto en todos los tamaños de áridos, dentro de unas condiciones normales de humedad. Con arenas mojadas su alimentación se hace difícil. Es prudente prever la forma de vaciado de las tolvas de predosificación, sin necesidad de hacerlo a través de la planta asfáltica. En muchos predosificadores ello se consigue fácilmente por inversión del sentido de la marcha de la cinta general de recogida.

Secador de áridos: con ello se consigue la elevación de temperatura de los áridos hasta el punto debido para efectuar las mezclas asfálticas; en general, por debajo de los 150°C. su rendimiento en toneladas de áridos siempre se da en función de la humedad de los mismos; y para que los rendimientos de diversos secadores sean comparativos, deben referirse a un mismo grado de humedad.

La eficacia de un secador depende de muchas variables (tipo de mechero, sistema de alimentación, circulación y evacuación de áridos, grado de humedad de los áridos, diámetro del tambor, longitud, etc.). Cada fabricante ha llegado a dimensionar los suyos a base de su experiencia, y debe garantizar los rendimientos nominales ofrecidos.

El secador de áridos, fundamental para obtener un buen hormigón asfáltico, es un tubo de gran diámetro (puede tener hasta 2 m) y de una longitud de 15 m, aproximadamente, donde, mediante su giro a velocidad reducida (de 5 a 15 revoluciones por minuto), se produce el desecado de los áridos por un potente flujo de aire caliente, producido por quemadores de fuel-oil, que circula en dirección contraria a los áridos, que descienden por gravedad.

Clasificador y dosificador de áridos: con él se consigue la mezcla de los áridos en las proporciones preestablecidas. es habitual que se disponga de una tolva de recogida de áridos por los excesos que se producen en la mezcla.

El grupo de clasificación y dosificación tiene por misión efectuar la mezcla de los áridos para permitir realizar el tipo de aglomerado que se prescribe. Está compuesto de una criba vibrante de 3 o 4 bandejas, unas tolvas de pequeña capacidad y una báscula acumulativa hasta la capacidad total de la hormigonera. En la puesta en marcha de una planta debe regularse la alimentación de los predosificadores, de forma que no se produzcan excesos de áridos continuados en las tolvas del grupo de clasificación, ya que los mismos deberán ser evacuados. en la instalación de la planta es conveniente situar una tolva de recogida del exceso inevitable de áridos de diferente granulometría, que se evacúa periódicamente utilizando una de las palas cargadoras al servicio de la instalación.

Hormigonera asfáltica: con ella se consigue la mezcla de los áridos con el fíller y/o ligante. Existen diversos tipos de hormigoneras asfálticas según la presión a la que se inyecte el ligante. A la salida del secador se encuentra la instalación de dosificación, muy similar a la empleada en hormigones, y después de la misma se sitúa la mezcladora de hormigón asfáltico, donde se dosifica, en la debida proporción, el betún o la mezcla asfáltica correspondiente.

El grupo mezclador u hormigonera asfáltica debe proporcionar un producto homogéneo con una distribución regular de todos sus componentes, en especial fíller y ligante, logrando un perfecto recubrimiento por una película fina de ligante en cada partícula de la mezcla. los tiempos de mezcla varían según el tipo de producto que se fabrique; para poder comparar los rendimientos de diversas máquinas debe partirse de una misma duración del ciclo, por ejemplo, de un minuto, tiempo en el cual un mezclador bien concebido debe proporcionar una mezcla de calidad. Los mezcladores con inyección de ligante a alta presión reducen el tiempo de mezcla, por lo que pueden, a igualdad de producción, ser de capacidad más reducida.

Tolva de producto terminado: el empleo de esta tolva es, exclusivamente, para conseguir una mejor graduación en el abastecimiento a los camiones que deben transportar el hormigón asfáltico.

A la salida del mezclador, el producto está terminado y puede cargarse directamente sobre camión.

Depurador de gases y recuperador de fíller: es inevitable, debido al sistema empleado en el secador, que se provoque un *arrastre de finos y de fíller* que debe ser recuperado. el sistema más empleado lo constituyen los ciclones. Puede tenerse una idea de la importancia del sistema de recuperación si se piensa que una planta que produzca 100 t por hora puede llegar a recuperar 40 t al día.

El funcionamiento del sistema de calefacción del secador siempre es por tiro forzado, lo que provoca un arrastre de finos que obliga a la instalación de un sistema de recuperación para disminuir la polución atmosférica; el dispositivo corriente lo forma una batería de ciclones, con la que se logra una recuperación del 90-95 por 100 del total del polvo arrastrado. Esto no es suficiente para evitar las molestias causadas por el polvo cuando se trabaja en un centro densamente poblado, y es necesario completar el dispositivo con una instalación de depuración por vía húmeda, con lo que se llega a una depuración del orden del 98-99 por 100, por debajo de la que tienen la mayor parte de las chimeneas industriales existentes hoy en funcionamiento.

Alimentador y dosificador de fíller: en plantas donde se exija un control muy riguroso de la dosificación del fíller, es necesario un alimentador y dosificador del mismo con básculas independientes.

el fíller es uno de los componentes de las mezclas asfálticas cuya dosificación rigurosa resulta más interesante de controlar, ya que su variación influye directamente en la cantidad de ligante necesario para obtener una mezcla estable; para ello es conveniente, cuando se fabrican productos de calidad, pesar el fíller independientemente de cualquier otro árido y en báscula aparte; aun en el caso de utilización de dos fillers de procedencia distinta, es recomendable contar con dos básculas, una para cada fíller, o de una báscula acumulativa para dos pesadas de fíller. el sistema de alimentación de fíller debe tener una capacidad de almacenaje, como mínimo, de un día de producción de la planta, y es conveniente que esté previsto para el funcionamiento eventual a partir de fíller ensacado.

Alimentador y dosificador de ligante: el empleo del alimentador o dosificador de ligante viene supeditado a la posibilidad del suministro de éste en bidones.

Es normal el empleo de dos calderas de calefacción para mantener en ellas el ligante a la temperatura de empleo, o bien utilizar una para la recepción del ligante y otra para su calefacción. la capacidad de almacenaje conviene que garantice, como mínimo, dos días de funcionamiento de la planta a plena capacidad. la dosificación del asfalto puede efectuarse en peso y en volumen; la dosificación en peso exige una báscula especial y proporciona una exactitud independientemente de la temperatura de suministro del asfalto; la volumétrica, cuya exactitud puede ser del mismo orden que la obtenida por peso en las modernas bombas de medida, precisa que se garantice el calentamiento del asfalto, al ser medido entre unos márgenes de temperatura estrechos, con el fin de que la densidad permanezca prácticamente constante.

Sistema de calefacción: este sistema está comprendido por los quemadores que integran el secador y por las calderas de calefacción del asfalto. Se dispone, además, de dispositivos de calentamiento de los circuitos del ligante.

El sistema de calefacción de una planta asfáltica comprende el de sus diversos elementos, que se consideran a continuación:

- El secador va provisto de un quemador o quemadores de gasolina o acpm, que es necesario precalentar para lograr llevarlo a la temperatura de funcionamiento correcta del mechero, que con el combustible habitual se halla sobre los 100°C.
- Las calderas de calefacción de asfalto pueden ir calentadas por quemador directamente o por serpentines de aceite caliente, o por un sistema mixto que reúne en principio las ventajas de ambos.

Además, es necesario calentar los circuitos de ligante, para lo que es preciso disponer de aceite caliente que se hace circular por serpentines dispuestos convenientemente en los lugares que se han de calentar, y por las tuberías dobles de circulación de asfalto. Para ello se necesita un calentador de aceite de capacidad adecuada. Para el calentamiento de ligante, el combustible empleado es siempre acpm; se utiliza el gasolina solamente para iniciar la marcha de los calentadores de aceite, ya que la calefacción para el calentamiento de acpm se verifica muchas veces por medio de serpentines de aceite, a veces reforzados en el mismo quemador por resistencias eléctricas. La marcha de los calentadores de aceite debe vigilarse, ya que puede producirse la coquización del aceite y el taponamiento del circuito; para ello no debe interrumpirse la circulación del aceite hasta después de transcurridas de 1/2 a 1 hora de apagado del quemador, ni encenderse éste sin estar establecida la circulación de aceite.

Es necesario proceder a aislar toda la red de tuberías de conducción de asfalto, así como a establecerlas con purgas que permitan su vaciado siempre que no estén calentadas por aceite, y, aun estándolo, para permitir una rápida puesta en marcha de la instalación.

1.3.3. Clasificación de las plantas asfálticas. Las plantas asfálticas se clasifican en continuas y discontinuas, de acuerdo con el tipo de hormigonera de que disponen⁴.

Por lo que se refiere a su tipo de implantación y de transporte, se clasifican en fijas, semifijas y móviles, y por lo que respecta a su sistema de control, en automáticas, semiautomáticas y manuales. Se comenta las peculiaridades de los diversos tipos.

Las plantas continuas, de una concepción más simple, sobre todo en sus versiones para aglomerados sujetos a especificaciones no muy rígidas, son altamente competitivas en la fabricación de hormigoneras. Para fabricar hormigones asfálticos es necesario dotarlas de un grupo de clasificación y dosificación, y entonces quedan

⁴ CMI-CIFALI. Manual de operación y mantenimiento de plantas de asfalto rd. noviembre, 2003.

equiparadas a las discontinuas, con regulación más compleja que estas últimas, en las que puede operarse para obtener una mezcla óptima de manera rápida y sencilla con sólo cambiar la duración del ciclo de amasado.

En la actualidad y para producciones importantes en hormigones asfálticos, el tipo de planta automática es muy superior que la semiautomática, ya que suprime el error personal. Entre los diferentes automatismos de tipo eléctrico, fotoeléctrico o electrónico, este último, probablemente, prevalecerá aunque el funcionamiento de los demás en los sistemas bien estudiados sea seguro. Uno de los aspectos en que es interesante el automatismo es en el de la regulación de la temperatura de salida de los áridos del secador, cuyo control manual exige la presencia de un individuo, pues el fallo puede dar lugar a irregularidades en la calidad del producto fabricado. su forma de control tiene sus dificultades en la medición de la temperatura de los áridos y en la misma regulación del quemador.

La movilidad de una planta asfáltica es hasta cierto punto relativa, ya que para su puesta en servicio es necesario el montaje de una red compleja de tuberías, muchas de ellas aisladas, para los servicios de asfalto, fuel, aceite y aire.

En realidad, en las plantas móviles se intenta un montaje más compacto, ingeniándose dispositivos para lograr la colocación de la planta en posición de trabajo sin elementos auxiliares ajenos a la misma. Otra característica es la velocidad a que es posible transportarlas, que en las móviles debe ser del mismo orden que en la de los remolques de peso equivalente.

En aglomerados, donde las especificaciones no son extremadamente rígidas, el tipo de planta utilizado es normalmente el continuo. Por lo que se refiere a la fabricación de hormigones asfálticos de calidad, tiene gran relieve el equipo clasificador y dosificador, por lo que en general se utilizan las de tipo discontinuo.

Aunque en épocas pasadas se emplearon con profusión las plantas de control manual, hoy prácticamente sólo se utilizan las semiautomáticas o automáticas, preferentemente con control electrónico. La extraordinaria sensibilidad de este tipo de reguladores permite el control de la temperatura en cada una de las etapas de la preparación.

1.3.4 Rendimientos de las plantas. Los precios de producción se inclinan a favor de las grandes plantas, cuyo funcionamiento exige casi el mismo personal y cuya inversión por unidad de producción es menor. La duración de un ciclo de producción en una planta asfáltica discontinua de inyección a media presión puede establecerse entre 40 y 90 segundos. La distribución del ciclo medio en funcionamiento automático es del siguiente orden (en segundos):

Descarga áridos	0
Inyección de asfalto	4
Descarga fíller	5
Cierre tolva fíller.....	15
Cierre tolva áridos.....	16
Cierre tolva betún	25
Abrir compuerta hormigonera...	52
Cierre compuerta hormigonera	60

Simultáneamente se efectúan las pasadas de los áridos, clasificados en varios componentes, así como la dosificación del asfalto.

Se entiende que un ciclo de duración de un minuto o inferior es muy difícil de mantener si no es mediante el funcionamiento completamente automático.

La duración de un ciclo de tipo enteramente manual es del orden de los dos minutos.

Debe tenerse presente que lo realmente interesante no es el rendimiento real de la planta por sí misma, sino el rendimiento global de todos los procesos que intervienen en la pavimentación con aglomerados asfálticos, como los que se relacionan a continuación:

- A. producción de áridos adecuados.
- B. transporte de los áridos a la planta.
- C. fabricación del aglomerado.
- D. transporte del aglomerado
- E. distribución del aglomerado.
- F. afirmado.

La simple enumeración efectuada indica la importancia que tiene la coordinación entre todas estas operaciones, que se hallan mutuamente condicionadas, de tal manera que un fallo en cualquiera de ellas repercute directamente en la producción obtenida.

El rendimiento de las plantas asfálticas oscila entre 101 por hora, para las de menores producciones, y 250 t por hora, en las de más elevado rendimiento.

1.3.5 Control de las plantas asfálticas. Para lograr una fabricación de aglomerados asfálticos que cumpla las especificaciones, es necesario que se disponga, a pie de planta, del personal especializado y material indispensable. Como mínimo debe contarse con que se pueda efectuar lo siguiente:

- A. curvas granulométricas de todos los áridos que se suministren.
- B. determinación de los equivalentes de arena.

- C. toma de temperatura de los áridos a la salida del secador, del asfalto a la entrada del mezclador y del producto fabricado.
- D. determinación de la estabilidad.
- E. comprobación de las básculas con pesos o taras.

Un punto muy interesante, pero cuyo control rápido es difícil de conseguir, es el de la dosificación del asfalto en el producto fabricado.

1.3.6 Condiciones para selección de una planta asfáltica. es necesario determinar previamente:

La producción prevista de los distintos tipos de aglomerados asfálticos que se desea fabricar.

El grado de humedad en que se suministrarán los distintos agregados.

Duración de la temporada. Como cifra media, puede trabajarse de modo normal durante 9 meses, lo que representa 230 días de trabajo. A estos días de trabajo deben restarse los días perdidos por lluvia, que en nuestro país dependen en grado sumo de los años.

Las jornadas de trabajo diarias deben ser como máximo de 10 horas. En caso de preverse dos turnos de trabajo, no es prudente considerar un número real de horas superior a 15-16 horas por día.

Capacidad de las terminadoras que se piensa emplear. Conviene que la capacidad de la planta asfáltica sea un múltiplo de la de las terminadoras.

El margen de seguridad de que se quiera disponer. En la fijación del mismo debe tenerse en cuenta las penalidades que empiezan a introducirse en los pliegos de condiciones de las obras.

Las plantas de mayores dimensiones presentan una mayor economía de funcionamiento. Esta disminución de coste de producción entre una planta de 50 t/hora y una de 100 t/hora, puede llegar fácilmente al 15 por 100.

La elección de una planta continúa o discontinua viene condicionada por el número de tipos de aglomerados asfálticos que se pretende fabricar, número de tipos, frecuencia en el cambio de tipo, frecuencia en el cambio de granulometría, que depende del grado de uniformidad de los agregados. En general, una planta continua es más indicada para la producción de aglomerados de capas de base, ya que su precio de coste se halla sin duda por debajo del obtenido en planta discontinua. En cambio, las discontinuas son siempre de muy fácil regulación, aunque los avances

introducidos en las plantas continuas, en los últimos modelos, tienden a anular esta diferencia.⁵

⁵ MANUEL DIAZ DEL RIO. manual de maquinaria de construcción, McGraw-Hill Companies Inc. 2001

2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

2.1 METODOLOGÍA GENERAL PARA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Para el desarrollo de proyecto es necesario tener la mayor información sobre los asfaltos y su origen, esta información se consultara en con los documentos publicados por Ecopetrol, y con la investigación en bibliotecas e internet, de cartillas y documentos publicados por empresas o instituciones especialistas en el tema.

2.1.1 Fuentes de información. Las fuentes de información de este proyecto, contarán en su primera fase con la información proporcionada por la planta de asfaltos TRAE Ltda. Donde se podrá realizar algún tipo de contacto con personal de Ecopetrol para poder tener de primera mano las características del asfalto suministrado. El resto de información será consultada por medio de bibliografía proporcionada en la especialización de carreteras, especialmente en la materia “tecnología del cemento asfáltico” dictada por el Ingeniero Hugo León Arenas Lozano.

2.1.2 Programa de trabajo. El programa de trabajo para el proyecto “control de calidad de la mezcla asfáltica en caliente tipo mdc-2 producida por la planta de “TRAE Ltda” ubicada en el sector de Torobajo municipio de Pasto, mediante la medición de las propiedades del cemento asfáltico en respuesta al calor y a la llama bajo condiciones controladas en laboratorio bajo la guía de la norma INVIAS I.N.V. E – 709 – 07, consta de cuatro fases:

- Trabajo de recopilación de información
- Trabajo de laboratorio
- Trabajo en planta de asfalto
- Presentación de resultados y análisis de los resultados
- Conclusiones y recomendaciones

2.1.3. Trabajo de recopilación de información. El trabajo de recopilación de información se realizó en una primera instancia en la planta de asfalto trae Ltda., donde se pudo obtener de primera mano los reportes enviados por Ecopetrol del cemento asfáltico usado para el desarrollo de este trabajo. También se tuvo la facilidad de obtener información de todo el proceso de operatividad de la planta de asfalto, el cual se presenta en el anexo b de este trabajo. La teoría usada para la elaboración del marco teórico y de todos sus anexos parte principalmente de lo

dictado en la clase del ing. Hugo arenas, profesor de la especialización de carreteras, en la materia tecnología de los asfaltos.

2.1.4 Trabajo de laboratorio. Para la realización de los trabajos de laboratorio, lo primero fue la consulta de las normas INVIAS – 2007, en donde se usó la norma I.N.V.E 701-07 “toma de muestras de materiales bituminosos”, y la norma I.N.V.E. 709 – 07 “puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland”. Normas las cuales hacen parte del trabajo en el anexo c.

para la elaboración del proyecto fue necesario el adquirir el aparato de Cleveland, el cual por recomendación del laboratorista de ingeniería, el sr. Silvio Fabricio Cabrera Solís, se optó por la marca Humboldt, que es una marca que se ha caracterizado por tener los mejores productos para la elaboración de laboratorios en ingeniería civil, esto da garantía como lo pide expresamente la norma, el tener un aparato de Cleveland calibrado y listo para ser usado y obtener un resultado veraz de las muestras a ensayar.

2.1.5 Toma de la muestra del cemento asfáltico. Se realizó la toma de muestra de acuerdo a las recomendaciones de la norma I.N.V.E 709 – 07, en su numeral 6. requisitos de la muestra; razón por la cual se consultó las normas de ensayo actualizadas en el 2007 sustitutas de las normas 1996, las cuales están realizadas en base a la versión más reciente de las normas aprobadas por entidades como la AASHTO, LA ASTM, el comité europeo de normalización (CEN) y otras entidades de reconocido prestigio a nivel mundial. En donde la mayoría de las normas se actualizaron teniendo como referencia la versión AASHTO del año 2005.

De acuerdo con la norma I.N.V.E. 701 -07 “toma de muestras de materiales bituminosos”, la toma de muestras tiene tanta importancia como los ensayos y se deben adoptar las precauciones necesarias para obtener muestras que representen verdaderamente la naturaleza y el estado de los materiales. los resultados de los ensayos tienen valor, únicamente, cuando se realizan sobre muestras que sean verdaderamente representativas del material que se trata de identificar.

El asfalto usado en Colombia procede como ya se mencionó en el marco teórico, de los complejos petroleros de Barrancamermeja y de la Apiay. Razón por la cual la dificultad de la toma de muestra en el lugar de producción. Por esta razón se tomó la muestra en el tanque de almacenamiento de acuerdo al numeral 4.- tamaño de la muestra. Tal como indica la Imagen N^o8. Indicaciones para muestreo según el tipo de material bituminoso.

Imagen 8. Indicaciones para muestreo según el tipo de material bituminoso

Material bituminoso	Procedencia	No de muestras	Cantidad de cada muestra	Nivel de extracción
Asfalto líquido y emulsión asfáltica	Camión transportador	3	1 Lt	Inicio, mitad y término de vaciado
	Tanque de almacenamiento	3	1 Lt	Superior, intermedio e inferior
	Barriles o tambores	1 por cada unidad seleccionada (Tabla 2)	2 Lt	Núcleo
Asfalto sólido o semisólido	Camión transportador	3	1 Kg	Inicio, mitad y término de vaciado
	Tanque de almacenamiento	3	1 Kg	Superior, intermedio e inferior
	Barriles o tambores	1 por cada unidad seleccionada (Tabla 2)	2 Kg	Núcleo

Las indicaciones de la tabla también aplican a asfaltos modificados.

Fuente: toma de muestras de materiales bituminosos I.N.V.E 701-07, instituto nacional de vías - INVIAS

se realizó el muestreo de acuerdo a lo señalado en la figura 8, de donde se tomó tres muestras a un asfalto en estado líquido; una en la parte superior del tanque de almacenamiento, otra en el intermedio y otra en la parte inferior del tanque de almacenamiento de la planta TRAE Ltda. Ubicada en el sector de Torobajo de la ciudad de Pasto. Empleando unos recipientes de lata nuevos los cuales cumplen con las recomendaciones del punto 6. "protección y conservación de las muestras". y teniendo especial cuidado de acuerdo al punto 8.2 en el cual se hace la recomendación de la toma de muestra por inmersión tal como se tomó para el desarrollo de este trabajo. Cabe anotar que el soporte fue prestado por la planta de asfaltos TRAE Ltda.

2.1.6 Descripción de las muestras a ensayar. Las muestras a ensayar fueron suministradas a la planta TRAE Ltda., la cual opera en la ciudad de pasto en el sector de toro bajo. Estas muestras se tomaron de la producción realizada por Ecopetrol en la refinería de Barrancamermeja y transportadas por la empresa Hq – Humberto Quintero, quienes son transportadores exclusivos de Ecopetrol; esta empresa tienen los tracto-camiones especializados para el transporte de los cementos asfálticos, ya que cuenta con tanques revestidos con fibra de vidrio de 4" para dar mayor duración al asfalto en estado líquido. Los tanques contienen el serpetín en 4" para ser operado con quemadores de acpm o gas.

Los resultados realizados por la refinería de Barrancamermeja se presentan en el anexo c, en donde resumimos a continuación:

Muestra no. 1

Refinería:	Ecopetrol – Barrancamermeja
Producto:	asfalto 60/70
no. de la muestra:	203.021.972
Fecha de revisión:	09/06/2011
Almacenamiento:	k0200
Análisis realizado:	punto de inflamación
Unidad:	°C
Resultado:	302 °C
Especificación:	232 mínimo
Método usado:	ASTM D 92

Muestra no. 2

Refinería:	Ecopetrol – Barrancamermeja
Producto:	asfalto 80/100
no. de la muestra:	203.043.784
Fecha de revisión:	08/07/2011
Almacenamiento:	k0205
Análisis realizado:	punto de inflamación
Unidad:	°C
Resultado:	302 °C
Especificación:	232 mínimo
Método usado:	ASTM D 92

Para poder tener unos datos confiables, se realizo toma de las temperaturas en el tanque de almacenamiento para verificar que la muestra se maneja de forma confiable en la planta de asfalto Trae Ltda.

Imagen 9. Tanque de almacenamiento



Vista del tanque de almacenamiento y temperatura de 105°C de en la que se mantiene la mezcla (tiempo máximo de espera = 2 días, si en dos días no prepara la mezcla, dejan caer la temperatura hasta cero 0°C , hasta el día en que necesiten preparar la mezcla)

Imagen 10. Vista del tanque de almacenamiento



Imagen 11. Vista del tanque de almacenamiento del cemento asfáltico en producción de la mezcla



Temperaturas usadas en la planta de asfalto TRAE Ltda. Para manejo de temperaturas antes de mezcla con materiales áridos. (Temperatura = 130 °C).

Procedimiento de seguridad para el desarrollo del ensayo I.N.V.E. 709-07 puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland

Como es objeto del trabajo, y como la norma I.N.V.E. 709-07 lo especifica en el numeral 1.4 “esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. es responsabilidad del usuario, establecer las

normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.”. se presenta a continuación el procedimiento que se debe seguir para la realización segura del ensayo bajo la norma I.N.V.E. 709-07.

- Procedimientos de evacuación de emergencia

Ya que en la realización del ensayo bajo la norma I.N.V.E. 709-07, se manipula gas, el asfalto a grandes temperaturas y llamas de fuego, es necesario por parte del personal a realizar el ensayo del laboratorio, seguir las siguientes recomendaciones:

- Al ser un laboratorio en donde se pueden encontrar otras personas (alumnos) aparte de los realizadores del laboratorio, sé que alertar de los riesgos en caso de un incendio, para lo cual también se tiene que informar la ruta de evacuación, la posición de los extintores en el laboratorio y en donde está la alarma contra incendios.
- Si el tiempo permite después de que la alarma suene, asegúrese que cualquier material peligroso o procedimientos de investigación estén involucrados, apague todos los calefactores o llamas abiertas, y cierre todas las puertas. si usted está incapacitado, asegúrese de informar a su supervisor para que la asistencia que requiera pueda ser proporcionada dentro del tiempo de evacuación.

Tener a mano los números de emergencia: estos se deben tener a la mano en caso de algún tipo de evento desafortunado en el laboratorio. Dentro de los números de emergencia se pueden mencionar:

Bomberos:	119 y el 7 21 50 90
Cruz roja:	115 y el 7 23 29 93
Hospital san pedro:	7 23 51 00
Hospital departamental:	7 21 45 25
Centro de salud de Pandiaco:	7 31 30 40

- Equipamiento para casos de emergencia

- ❖ sepa cómo usar un extintor.
- ❖ sepa cual tipo de extintor está hecho para cada tipo de fuego.
- ❖ conozca donde están disponibles duchas de emergencia y estaciones de lavado de ojos, cualquier fuente de suministro de agua puede ser usada para limpiar los ojos, fuentes para beber agua, conexiones o redes de agua, etc.
- ❖ conozca donde están ubicados los botiquines de primeros auxilios y asegúrese que sus elementos estén disponibles.

❖ Nunca debe complicarse en el uso del equipamiento de emergencia, ellos están diseñados para mantener a cada empleado seguro y para minimizar los problemas.

- Reglas básicas de seguridad en laboratorio

❖ Mantener el laboratorio asilado y las vías de escape libres de cajas, carros, equipos, etc.

❖ Mantener las puertas de los gabinetes y el equipamiento lejos de elementos cortantes en las mesas de trabajo.

❖ No almacenar material de vidrio, instrumentos metálicos, o elementos pesados sobre estantes en altura o en la parte superior de los gabinetes.

❖ No colocar vidrios quebrados, elementos cortantes, o jeringas en los recipientes de desperdicios del laboratorio.

❖ Usar ropa de protección apropiada de donde los zapatos deben ser cerrados, guantes, chaquetas para laboratorio, gafas, mascarilla, protectores, respiradores.

❖ Identificar todos los recipientes con soluciones preparadas indicando su contenido, fecha de preparación, y cualquier advertencia de peligro.

❖ Los estudiantes y personal ajeno deben estar bajo supervisión directa cuando esté trabajando después de las horas normales de trabajo y en los fines de semana.

❖ No fumar, ya que por ley no está permitido en sitios cerrados y mucho menos en instalaciones de investigación.

❖ No almacenar, ni preparar, o consumir cualquier tipo de alimento o bebida en laboratorios donde se estén usando materiales peligrosos.

- Recomendaciones en caso de haber sido afectados los ojos

❖ Identificar donde están está el baño o un lugar para el lavado de ojos; vaya inmediatamente ocurrido el accidente.

❖ Cuando se lave los ojos, lave con el agua y mueva los ojos en forma circular con el fin de lavar toda la superficie.

❖ No use soluciones neutralizantes incluyendo ácido bórico y soluciones vencidas para el lavado y tratamiento en el caso de salpicaduras.

❖ Después de lavar los ojos, cúbralos con un paño limpio, frío, mojado y suave hasta obtener asistencia especializada.

❖ No trate de remover objetos insertos; busque asistencia médica especializada.

- Protección de manos

❖ Use guantes de materiales tales como goma, neopreno, y pvc, para proteger su piel contra la absorción de compuestos químicos corrosivos o altamente tóxicos y peligrosos físicos como calor y objetos punzantes.

❖ Usar guantes desechables para manipular materiales tóxicos, especialmente carcinogénicos.

❖ Lavar exhaustivamente los guantes reutilizables después de su uso.

❖ Eliminar los guantes rotos o pinchados.

- Protección respiratoria

❖ Utilice una protección respiratoria cuando se manipulan químicos tóxicos en áreas sin una adecuada ventilación.

❖ Utilizar respiradores que cubran toda su cara cuando los contaminantes aerotransportados causen irritación a los ojos.

❖ Inspeccione la válvula de exhalación y las bandas de cabeza de los respiradores y remplace cualquier parte dañada.

❖ Lave las piezas del rostro con una solución acuosa tibia con un detergente germicida, enjuague en agua limpia tibia y seque al aire.

❖ Colocar los respiradores en bolsas de plástico y guárdelos en un gabinete apropiado para este fin o en un área limpia, seca y fresca.

- Recomendaciones especiales para la realización del laboratorio bajo la norma I.N.V.E. 709-07.

- ❖ Preparación del lugar de trabajo, en donde no puede haber ningún elemento corto punzante, ni generador de llama, ya que el aparato de Cleveland hace uso de gas propano.
- ❖ Realizar y revisar las conexiones de gas, y alejar el tanque de gas.
- ❖ Delimitar el área de trabajo, para que solo el personal a desarrollar el laboratorio este presente.
- ❖ Hacer uso de máscaras (por lo vapores que se desprenden del asfalto), guantes, gafas protectoras y bata de laboratorio.
- ❖ Mantener en un lugar adecuado tal como lo cita la norma I.N.V.E. 701-07 las muestras (3), hasta la hora de realizar el ensayo.
- ❖ Limpiar el aparato de Cleveland sin ningún tipo de alcohol, ni de combustible (por que pude generar variaciones en resultado).

2.1.7 Realización del ensayo de laboratorio de acuerdo con la norma I.N.V.E. 709-07 “puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland”. Luego de haber realizado la toma de las muestras de acuerdo a las norma 701-07, y de haber recolectado la información necesaria para poder tener un amplio conocimiento de los cementos asfálticos, procedemos a la realización del laboratorio en las instalaciones del laboratorio de ingeniería civil de la universidad de Nariño, bajo las indicaciones de la norma I.N.V.E. 709 -07 “puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland”, la cual se describe a continuación:

2.1.8 Objeto del ensayo. Determinar los puntos de ignición y de llama, mediante la copa abierta de Cleveland de muestras tomadas y que tienen un punto de ignición, en copa abierta de Cleveland por debajo de 79°C (175°F).

Esta norma se deberá empleará para medir y describir las propiedades de la muestras, en respuesta al calor y a la llama, bajo condiciones de laboratorio controladas.

Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. por ello se realiza una metodología de seguridad, para poder mitigar todos los riesgos posibles para la elaboración del ensayo.

2.8.9 Resumen del método de acuerdo a la norma I.N.V.E. 709 – 07. La copa del ensayo se llena con la muestra hasta un nivel especificado. Se aumenta rápidamente la temperatura inicial de la muestra y luego a una rata constante y lenta, a medida que se aproxima al punto de ignición. a intervalos de tiempo especificados se pasa una pequeña llama de ensayo a través de la copa. la temperatura más baja a la cual la aplicación de la llama de ensayo haga que se incendien los vapores que se encuentran por encima de la superficie del líquido, se toma como el punto de ignición. Para determinar el punto de llama, se continúa la aplicación de la llama de ensayo hasta cuando ésta haga que el aceite se quemé por lo menos durante 5 segundos.

2.8.10. Equipo. Por la falta de equipo, se determina la necesidad de comprar el aparato de copa abierta Cleveland, marca Humboldt, con referencia h-2085, en la empresa Dirimpex Ltda. Ubicada en la ciudad de Bogotá D.C., el cual tiene todas las calibraciones de fábrica y su primer uso se realizara para el presente trabajo.

Imagen 12. Envió por parte de Dirimpex Ltda. A través de la empresa envía.



Imagen 13. Apertura de la caja del aparato de Cleveland copa abierta.



Imagen 14. Verificación del aparato de Cleveland copa abierta.



Imagen 15. Aparato de Cleveland de copa abierta calibrado y listo para ser usado



2.8.11. Preparación del equipo. El laboratorio de ingeniería civil, tiene mesones adecuados para la realización del ensayo, los cuales están conforme a la norma. La calibración del aparato de Cleveland, viene de fábrica con todos los elementos necesarios para el laboratorio, incluido el termómetro que el cual cuenta con una base para su uso. La única adecuación necesaria es el de conectar el aparato de Cleveland a una fuente de gas. Esta fuente y por motivos que en nuestra ciudad no cuenta con gas domiciliario, se tomó el gas de una pipeta suministrada por Montagas al laboratorio de ingeniera civil, de la universidad de Nariño.

2.8.12. Medidas de seguridad. Las medidas de seguridad adoptadas para la realización del laboratorio se describen en el numeral 3.1.4.3 del presente trabajo.

2.8.13. Requisitos de la muestra. Los requisitos recomendados por la muestra, se realizaron de acuerdo con la norma I.N.V.E. 701-09.

2.8.14. Calibración. El aparato de Cleveland marca Humbolt, viene calibrado desde la fábrica, razón por la cual el punto de calibración del equipo no se tiene en cuenta, ya que existe una garantía de que el equipo está listo para usarse.

2.8.15. Procedimiento. Se toma una cantidad y se la calienta a una temperatura no mayor a los 56°C, para poder realizar el llenado de la muestra en la copa, la cual trae un testigo de referencia, con mucho cuidado de no regar material alrededor de la muestra, se procede a eliminar las burbujas de aire sobre la superficie de la muestra con un elemento puntiagudo.

Imagen 16. Copa abierta



Se coloca la copa abierta en el aparato de Cleveland, y se procede a calentar con una temperatura inicial de 17°C, la cual se va incrementando gradualmente cada minuto en una tasa de crecimiento de 15°C. Cuando la muestra alcanza los 56°C, de acuerdo al termómetro, se baja la tasa de temperatura de 5°C cada minuto; esto es realizado para los últimos 28°C. En este momento se empieza a aplicar la llama al ensayo una vez con cada un incremento de 2°C.

Imagen 17. Aparato de Cleveland



El aparato de Cleveland, tiene ya calibrado el punto de paso de la llama de una forma horizontal. La cual se pasa en un tiempo de 1s, por encima de la muestra.



Este procedimiento se repite hasta que la muestra se prenda por lo menos 5 segundos, en este momento se alcanza el el punto de llama.



El procedimiento anterior se realizó tres veces por cada muestra, obteniendo seis resultados los cuales se presentan en el próximo capítulo.

2.9 RESULTADOS

Luego de haber realizado los ensayos a las muestras, se procede a evaluar si es necesaria la realización de los cálculos correspondientes de acuerdo al numeral 9. De la norma I.N.V.E. 709-07. En donde se tiene:

Si la presión barométrica real ambiente en el momento del ensayo difiere de 760 mm de mercurio (101.3 kpa), se debe hacer la corrección del punto de ignición y de llama de la siguiente forma:

Corrección del punto de ignición = $C + 0.25 \times (101.3 - K)$

Corrección del punto de ignición = $F + 0.06 \times (760 - P)$

Corrección del punto de ignición = $C + 0.033 \times (760 - P)$

Dónde:

C = punto de ignición observado en °C,

F = punto de ignición observado en °F,

P = presión barométrica ambiente en mm de mercurio, y

K = presión barométrica en kpa.

Ya que no hubo variación en la presión barométrica, no se realiza ningún tipo de ajuste a los ensayos realizados.

2.9.1 Resultados obtenidos por investigación y realización de laboratorio. se presenta a continuación los resultados que han sido fruto de la recopilación en la planta TRAE Ltda., y de los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad de Nariño (anexo d), la información recopilada en las columnas 1-3-4-5, corresponden a los controles realizados en planta, la columna 2, corresponde al valor mínimo por normatividad, y en la columna 6, se tiene los resultados obtenidos en el laboratorio de la universidad de Nariño y su promedio, el cual está con una diferencia de 11.67°C para la muestra 1, y de 9.33°C para la muestra 2. Que se encuentran dentro de las tolerancias ya que son menores a 14°C. (Numeral 11.2 de la norma I.N.V.E. 709-07)

Muestra 1:

Cuadro 1. cuadro de temperaturas medias en °C para punto de llama – muestra 1

1	2	3	4	5	6
reporte de Ecopetrol	de acuerdo al artículo 400-07 tabla 400.3 - para la norma I.N.V.E 709-07	Control en tanque de almacenamiento planta asfáltica TRAE Ltda.	control planta a la hora de realizar mezcla	reporte de temperaturas a tracto Camiones de la planta Trae Ltda.	temperatura obtenida en el laboratorio
302°C	-	105 °C	120°C – 130°C	130°C	m1 = 315 °C m2 = 313 °C m3 = 313 °C prom = 313.67°C

Muestra 2:

Cuadro 2. cuadro de temperaturas medias en °C para punto de llama – muestra 2

1	2	3	4	5	6
Reporte de Ecopetrol	De acuerdo al artículo 400-07 tabla 400.3 - para la norma I.N.V.E 709-07	Control en tanque de almacenamiento planta asfáltica TRAE Ltda.	CONTROLI planta a la hora de realizar mezcla	Reporte de temperaturas a tracto Camiones de la planta TRAE Ltda.	Temperatura obtenida en el laboratorio
-	-	105 °C	120°C – 130°C	130°C	m1 = 310 °C m2 = 312 °C m3 = 312 °C prom = 311.33°C

Cuadro 3. cuadro de temperaturas medias en °C para punto de ignición – muestra 1

1	2	3	4	5	6
Reporte de Ecopetrol	De acuerdo al artículo 400-07 tabla 400.3 - para la norma I.N.V.E 709-07	Control en tanque de almacenamiento planta asfáltica Trae Ltda.	control planta a la hora de realizar mezcla	reporte de temperaturas a tracto Camiones de la planta TRAE Ltda.	Temperatura obtenida en el laboratorio
-	mínimo 230	105 °C	120°C – 130°C	130°C	M1 = 295 °C M2 = 295 °C M3 = 295 °C Prom = 295 °C

Muestra 2:

cuadro 4. Cuadro de temperaturas medias en °C para punto de ignición – muestra 2

1	2	3	4	5	6
Reporte de Ecopetrol	De acuerdo al artículo 400-07 tabla 400.3 - para la norma I.N.V.E 709-07	Control en tanque de almacenamiento planta asfáltica TRAE Ltda.	control planta a la hora de realizar mezcla	reporte de temperaturas a tracto Camiones de la planta TRAE Ltda.	Temperatura obtenida en el laboratorio
302°C	mínimo 230	105 °C	120°C – 130°C	130°C	m1 = 295 °C m2 = 295 °C m3 = 295 °C prom = 295°C

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la interpretación de los resultados, se opta por realizar tablas comparativas, las cuales nos dan una visión más clara del objetivo de la norma INVIAS.

Tabla 1. Diferencias entre temperaturas de punto de inflamación

		Ecopetrol	Laboratorio	I.N.V.E. 709 -07
		302	295	230
Ecopetrol	302	0	7	72
Laboratorio	295	7	0	65
Norma	230	72	65	0

Tabla 2. Diferencias entre temperaturas de punto de llama y punto de ignición – norma INVIAS

diferencias en valor absoluto entre temperaturas de punto de llama obtenidas en laboratorio y punto de ignición de acuerdo con la norma INVIAS			Diferencia
Laboratorio	Muestra 1	313,67	83,67
	Muestra 2	311,33	81,33
Norma INVIAS		230	0

Tabla 3. Diferencias entre temperaturas usadas en planta Trae. Ltda. y temperatura punto de ignición dada por INVIAS

Diferencias en valor absoluto entre temperaturas usadas en la planta Trae Ltda. y punto de ignición de acuerdo con la norma INVIAS			diferencia
TRAE Ltda.	Control en tan-que de almacenamiento planta asfáltica TRAE Ltda.	105	125
	control planta a la hora de realizar mezcla	125	105
	Reporte de temperaturas a tracto camiones de la planta Trae Ltda.	130	100
norma INVIAS		230	-

3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

existe una variación entre los resultados reportados por Ecopetrol y los mínimos de acuerdo a la artículo 400 - 07 “disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos” en su tabla 400.3 “especificaciones para el cemento asfáltico”, la cual da un valor mínimo de 230 °C, y el reporte de Ecopetrol 302°C, si se evalúa estos dos resultados con la norma que nos rige, la cual establece un margen del 18°C, y la diferencia es de 72°C. Al entrar a comparar con el resultado obtenido en laboratorio en donde se obtuvo para las dos muestras la temperatura de 295°C, podemos ver que los valores de Ecopetrol y del laboratorio, los cuales están en 302°C y 295°C, su diferencia es de 7°C, la cual está por debajo de 18°C como lo estipula la norma. Esto quiere decir que los resultados de Ecopetrol y los obtenidos en el laboratorio son los resultados a tener en cuenta para el manejo de temperaturas de seguridad.

Existe una variación entre los resultados de punto de llama, reportados por Ecopetrol y los obtenidos en laboratorio, de 11.67°C para la muestra 1, y de 9.33°C para la muestra 2, los cuales están dentro de los rangos admisibles para el punto de llama, de acuerdo a la norma I.N.V.E 709-07 “puntos de ignición y de llama mediante la copa abierta Cleveland”.

la diferencia existente entre el punto de llama obtenido en los laboratorios y el punto de ignición dado por la norma para las muestras 1 y muestras 2 que son 313.67°C y 311.33°C respectivamente, se puede observar que existe unos rangos de 81°C – 83.67°C, los cuales son bastante altos. Esto significa que la norma maneja unos niveles de seguridad industrial bastantes altos.

CONCLUSIONES

A pesar de que los resultados obtenidos en laboratorio y los resultados enviados por Ecopetrol están dentro de los rangos admisibles de resultados, la pequeña variación en los resultados se puede atribuir al punto de la toma de la muestra, ya que Ecopetrol tiene la posibilidad de tomar la muestra en la refinería (muestra optima), en cambio la toma de la muestra ensayada a pesar de seguir al pie de la letra la norma I.N.V.E. 701-07, puede estar expuesta a algún contaminante durante la carga de los tracto camiones en la refinería, o durante el transporte desde Barrancamermeja hasta pasto, o en la descarga en el tanque de almacenamiento de la planta TRAE Ltda. Pero la principal variable de error se puede presentar en la toma de la muestra, ya que no hay un recipiente estándar, el cual sea el reglamentado para la realización de la toma. Cabe aclarar que los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio son igual de confiables que los resultados enviados por Ecopetrol en el reporte de laboratorios que llega con el cemento asfáltico.

Las temperaturas de servicio y las de mezclado, son temperaturas que están muy lejos del rango de punto de llama y de ignición, la única forma de que se pueda presentar algún tipo de incendio o de accidente laboral con el cemento asfáltico, es el de que algún agente externo como acpm, gasolina o algún tipo de combustible, sea combinado, regado, o que sus vapores se encuentren muy cerca del cemento asfáltico y estén expuestos a algún tipo de chispa.

Se concluye que la planta de asfaltos TRAE Ltda. Cumple con el ensayo de seguridad de mezcla de acuerdo a la norma I.N.V.E 709-07, al tener un plan de operación de la planta, a disponer de un control de manejo de temperaturas desde el momento de desembarque del cemento asfáltico por parte de los tracto camiones de la empresa HQ – Humberto Quintero, pasando por el almacenamiento, hasta el punto de mezclado y despacho de la mezcla asfáltica.

Realizando un análisis de la seguridad industrial y del procedimiento de se emplea en el manejo de los cementos asfálticos, podemos concluir que es muy importante la capacitación mediante talleres a todos los empleados que hacen parte del proceso, iniciando por la refinería hasta los trabajadores en la obra. Seguido de simulacros para poder corregir posibles errores en caso de accidentes con el cemento asfáltico.

De acuerdo a la resolución 3288 del 15 de agosto de 2007, el ministerio del transporte adopta las especificaciones generales de construcción de carreteras como los criterios bases para las condiciones colombianas, razón por la cual no se entiende por qué Ecopetrol siendo la empresa colombiana encargada de todo lo que corresponde al petróleo y sus derivados, todavía este usando para la

realización de sus ensayos normas extranjeras, en el caso específico para el punto de ignición y de llama la norma ASTM d92, y no las I.N.V.E 709-07, dada por el INVIAS.

RECOMENDACIONES

Tener especial cuidado y seguir al pie de la letra el manual de operación de la planta TRAE Ltda., ya que en esta operan cargadores, volquetas, la secadora de áridos, calderas, las cuales manejan combustibles y altas temperaturas, las cuales pueden incrementar la temperatura del cemento asfáltico y se puede producir algún tipo de chispa.

Revisar que el cemento asfáltico en todo su proceso en la refinería, en el transporte, en el almacenamiento y en la producción de la mezcla, no vaya a tener ningún tipo de cercanía ni contacto con algún elemento generador de chispa.

Realizar jornadas de simulacros de accidentes de laboratorio, para poder preparar al personal y a los estudiantes en caso de algún evento peligroso en las instalaciones.

Realizar los ensayos con aparatos o equipos certificados y calibrados, ya que la manipulación del cemento asfáltico puede llegar a generar quemaduras hasta de grado 3.

Realizar el laboratorio de seguridad I.N.V.E 709-07 periódicamente, para poder corroborar que el cemento asfáltico no ha sido expuesto a ningún tipo de agente contaminante que pueda acelerar su incremento de temperatura hasta el punto de ignición o al de llama.

BIBLIOGRAFÍA

Archivos de empresa de Asfaltos TRAE Ltda. Gerencia, 2011.

ARENA LOZANO, HUGO LEON, Tecnología del Cemento Asfáltico, Colombia: Editorial Faid 4ta edición, septiembre 2005.

ASPHALT INSTITUTE, principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente ms-22; 1982

CMI-CIFALI. Manual de operación y mantenimiento de plantas de asfalto RD. Noviembre, 2003.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - NTC 1486, documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, sexta edición, 2008.

Instituto Nacional de vías - INVIAS. Normas de ensayo de materiales para carreteras- 2007

MANUEL DIAZ DEL RIO, manual de maquinaria de construcción, Mcgraw-Hill Companies Inc. 2001.

ANEXOS

Anexo A.

Artículos y normas INVIAS

ARTÍCULO 400 - 07

DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE RIEGOS DE IMPRIMACIÓN, LIGA Y CURADO, TRATAMIENTOS SUPERFICIALES, SELLOS DE ARENA ASFALTO, LECHADAS ASFÁLTICAS, MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO Y EN CALIENTE Y RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

400.1 DESCRIPCIÓN

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos de imprimación, riegos de liga y de curado; tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas; bases, capas de mezcla asfáltica, bacheos asfálticos en frío y en caliente y reciclados con productos bituminosos, a los cuales se refiere el Capítulo 4 de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

400.2 MATERIALES

400.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

El Constructor es el único responsable por los materiales que suministre para la ejecución de todas las partidas de trabajo incluidas en el Capítulo 4 de estas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

Para el objeto de las especificaciones del Capítulo 4, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 μ m (No.4 y No.200) y llenante mineral la que pase el tamiz de 75 μ m (No.200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en la Tabla 400.1.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y

angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad pertinentes indicados en la Tabla 400.1

Tabla 400.1(a)
Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas y mezclas bituminosas
Nivel de tránsito NT1

TIPO DE TRATAMIENTO O MEZCLA	DESGASTE LOS ANGELES	DESGASTE MICRO-DEVAL	10% DE FINOS (KV)		PERDIDAS EN ENSAYO DE SOLIDEZ		PARTICULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE (Agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras	ANGULARIDAD Método A (Agregado fino)	COEFICIENTE DE PULIMENTO ACELERAD.	FORMA			L.P.	EQUIVALENT. DE ARENA	CONTENIDO DE IMPUREZAS (Agregado grueso)	ADHESIVIDAD					
			Seco	Relación Húmedo / seco	Sulfato de sodio	Sulfato de magnesio				Índice de aplastamiento	Índice de alargamiento	Partículas planas y alargadas (Relación 5:1)				Riedel Webber	Stripping	Bandeja	Resistencia conservada Im- Comp.	Resistencia conservada Tracción indirecta	Perdidas Cántaro tras inmersión
NORMA INV	E-218 E-219	E-238	E-224	E-224	E-220	E-220	E-227	E-239	E-232	E-230	E-230	E-240	E-125 E-126	E-133	E-237	E-774	E-737	E-740	E-738	E-725	E-760
SELLO DE ARENA ASFALTO					12% máx.	18% máx.		45 % mín					N.P.	50 % mín		4 mín					
TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE Y DOBLE	25 % máx.				12% máx.	18% máx.	75-		0.45 mín.	30 % máx.	30 % máx.				0.5 % máx.			80 % mín.			
LECHADA ASFÁLTICA	25 % máx.				12% máx.	18% máx.		45 % mín.					N.P.	50 % mín		4 mín					
MEZCLA ABIERTA EN FRÍO	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)				12% máx.	18% máx.	75- (rodadura) 60- (intermedia)		0.45 mín. (rodadura)			10 % máx.			0.5 % máx.		95 % mín.				
MEZCLA DENSA EN FRÍO - Agregado grueso - Agregado fino - Gradación combinada	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)				12% máx. 12% máx.	18% máx. 18% máx.	75- (rodadura) 60- (intermedia)	40 % mín. (rodadura) 35 % mín. (intermedia)	0.45 mín. (rodadura)			10 % máx.	N.P.	50 % mín	0.5 % máx.				75 % mín.		
MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE	35 % máx.				12% máx.	18% máx.	60-					10 % máx.			0.5 % máx.		95 % mín.				
MEZCLA DENSA, SEMIDENSA Y GRUESA EN CALIENTE - Agregado grueso - Agregado fino - Gradación combinada	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)				12% máx. 12% máx.	18% máx. 18% máx.	75- (rodadura) 60- (intermedia)	40 % mín. (rodadura) 35 % mín. (intermedia)	0.45 mín. (rodadura)			10 % máx.	N.P.	50 % mín	0.5 % máx.					80 % mín.	
RECICLADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE (Material de adición)	40 % máx. (en frío) 25 % máx. (en caliente)				12% máx.	18% máx.	50- (mezcla) (en frío) 75- (mezcla) (en caliente)	35 % mín. (en frío) 40% mín. (en caliente)	0.45 mín. (en caliente)			10 % máx. 10 % máx.	N.P.	30 % mín. (en frío) 50 % mín. (en caliente)	0.5 % máx. (en caliente)			50 % mín. (en frío)	80 % mín. (en caliente)		

Tabla 400.1 (b)
Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas y mezclas bituminosas
Nivel de tránsito NT2

TIPO DE TRATAMIENTO O MEZCLA	DESCASTE LOS ANGELES	DESCASTE MICRO-DEVAL	10% DE FINOS (KN)		PERDIDAS EN ENSAYO DE SOLIDEZ		PARTÍCULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE. (Agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras	ANGULARIDAD Método A (Agregado fino)	COEFICIENT. DE PULIMENTO ACELERADO	FORMA			I. P.	EQUIVALENT. DE ARENA	CONTENIDO DE IMPUREZAS (Agregado grueso)	ADHESIVIDAD					
			Seco	Relación Húmedo/seco	Sulfato de sodio	Sulfato de magnesio				Índice de aplastamiento	Índice de alargamiento	Partículas planas y alargadas (Relación S_1)				Riedel Webber	Strippin g	Bandeja	Resistencia conservada Inm. Comp.	Resistencia conservada Tracción indirecta	Pérdidas Cantabro tras inmersión
NORMA INV	E-218 E-219	E-238	E-224	E-224	E-220	E-220	E-227	E-239	E-232	E-230	E-230	E-240	E-125 E-126	E-133	E-237	E-774	E-737	E-740	E-738	E-725	E-760
SELO DE ARENA ASFALTO					12% máx.	18% máx.		45 % mín.					N.P.	50 % mín.		4 mín.					
TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE Y DOBLE	25 % máx.	25 % máx.			12% máx.	18% máx.	75/60		0.45 mín.	30 % máx.	30 % máx.				0.5 % máx.			80 % mín.			
LECHADA ASFÁLTICA	25 % máx.	25 % máx.			12% máx.	18% máx.		45 % mín.					N.P.	50 % mín.		4 mín.					
MEZCLA ABIERTA EN FRÍO	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)	25 % máx. (rodadura) 30 % máx. (intermedia)			12% máx.	18% máx.	75/60 (rodadura) 75/- (intermedia)		0.45 mín. (rodadura)			10 % máx.			0.5 % máx.		95 % mín.				
MEZCLA DENSA EN FRÍO																					
- Agregado grueso	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)	25 % máx. (rodadura) 30 % máx. (intermedia)			12% máx.	18% máx.	75/60 (rodadura) 75/- (intermedia)		0.45 mín. (rodadura)			10 % máx.			0.5 % máx.						
- Agregado fino	35 % máx. (base)	30 % máx. (base)			12% máx.	18% máx.	60/- (base)	45 % mín. (rodadura) 40 % mín. (intermedia) 35 % mín. (base)					N.P.	50 % mín.						75 % mín.	
- Gradación combinada																					
MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE	35 % máx.	30 % máx.			12% máx.	18% máx.	75/60					10 % máx.			0.5 % máx.		95 % mín.				
MEZCLA DENSA, SEMIDENSA Y GRUESA EN CALIENTE																					
- Agregado grueso	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)	25 % máx. (rodadura) 30 % máx. (intermedia)			12% máx.	18% máx.	75/60 (rodadura) 75/- (intermedia)		0.45 mín. (rodadura)			10 % máx.			0.5 % máx.						
- Agregado fino	35 % máx. (base)	30 % máx. (base)			12% máx.	18% máx.	60/- (base)	45 % mín. (rodadura) 40 % mín. (intermedia) 35 % mín. (base)					N.P.	50 % mín.						80 % mín.	
- Gradación combinada																					
MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE	25 % máx.	20 % máx.	110 mín.	75 % mín.	12% máx.	18% máx.	85/70	45 % mín.	0.45 mín.			10 % máx.	N.P.	50 % mín.	0.5 % máx.					80 % mín. (tipo F)	25 % máx. (tipo M)
MEZCLA DRENANTE	25 % máx.	20 % máx.	110 mín.	75 % mín.	12% máx.	18% máx.	85/70		0.45 mín.			10 % máx.	N.P.	50 % mín.	0.5 % máx.						40 % máx.
RECICLADO DEL PAVIMENTO EXISTENTE (Material de adición)	40 % máx. (en frío) 25 % máx. (en caliente)	30 % máx. (en frío) 25 % máx. (en caliente)			12% máx.	18% máx.	50/- (mezcla) (en frío) 75/60 (mezcla) (en caliente)	35 % mín. (en frío) 45 % mín. (en caliente)	0.45 mín. (en caliente)			10 % máx.	N.P.	30 % mín. (frío) 50 % mín. (caliente)	0.5 % máx. (caliente)				50 % mín. (mezcla en frío)	80 % mín. (mezcla en caliente)	

Tabla 400.1 (c)
Requisitos de los agregados pétreos para tratamientos, lechadas y mezclas bituminosas
Nivel de tránsito NT3

TIPO DE TRATAMIENTO O MEZCLA	DESCASTE LOS ANGELES	DESCASTE MICRO-DEVAL	10% DE FINOS (KN)		PERDIDAS EN ENSAYO DE SOLIDEZ		PARTICULAS FRACTURADAS MECANICAMENTE (Agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras	ANGULARIDAD Método A (Agregado fino)	COEFICIENT. DE PULIMENTO ACELERADO	Partículas planas y alargadas (Relación 5:1)	L. P.	EQUIVALENT. DE ARENA	CONTENIDO DE IMPUREZAS (Agregado grueso)	ADHERENCIA					
			Seco	Relación Húmedo/seco	Sulfato de sodio	Sulfato de magnesio								Riedel Wohler	Strippin g	Bandaja	Resistencia conservada Inm. Comp.	Resistencia conservada Tracción Indirecta	Pérdidas Cantarero tras inmersión
NORMA INV	E-218 E-219	E-238	E-224	E-224	E-220	E-220	E-227	E-239	E-232	E-240	E-125 E-126	E-133	E-237	E-774	E-737	E-740	E-738	E-725	E-760
LECHADA ASFÁLTICA	25 % máx.	20 % máx.			12% máx.	18% máx.		45 % mín.			N.P.	50 % mín.		4 mín.					
MEZCLA ABIERTA EN FRIJO	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia)	20 % máx. (rodadura) 25 % máx. (intermedia)	110 mín. (rodadura) 90 mín. (intermedia)	75 % mín. (rodadura) 75 % mín. (intermedia)	12% máx.	18% máx.	85/70 (rodadura) 75% (intermedia)		0.45 mín. (rodadura)	10 % máx.			0.5 % máx.		95 % mín.				
MEZCLA DENSA EN FRIJO																			
- Agregado grueso	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia) 35 % máx. (base)	20 % máx. (rodadura) 25 % máx. (intermedia) 25 % máx. (base)	110 mín. (rodadura) 90 mín. (intermedia) 75 mín. (base)	75 % mín. (rodadura) 75 % mín. (intermedia) 75 % mín. (base)	12% máx.	18% máx.	85/70 (rodadura) 75% (intermedia) 60% (base)		0.45 mín. (rodadura)	10 % máx.			0.5 % máx.						
- Agregado fino					12% máx.	18% máx.		45 % mín. (rodadura) 40 % mín. (intermedia) 35 % mín. (base)											
- Gradación combinada											N.P.	50 % mín.					75% mín.		
MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE	35 % máx.	25 % máx.	90 mín.	75 % mín.	12% máx.	18% máx.	75/-			10 % máx.			0.5 % máx.		95 % mín.				
MEZCLA DENSA, SEMIDENSA Y GRUESA EN CALIENTE																			
- Agregado grueso	25 % máx. (rodadura) 35 % máx. (intermedia) 35 % máx. (base)	20 % máx. (rodadura) 25 % máx. (intermedia) 25 % máx. (base)	110 mín. (rodadura) 90 mín. (intermedia) 75 mín. (base)	75 % mín. (rodadura) 75 % mín. (intermedia) 75 % mín. (base)	12% máx.	18% máx.	85/70 (rodadura) 75% (intermedia) 60% (base)		0.45 mín. (rodadura)	10 % máx.			0.5 % máx.						
- Agregado fino					12% máx.	18% máx.		45 % mín. (rodadura) 40 % mín. (intermedia) 35 % mín. (base)											
- Gradación combinada											N.P.	50 % mín.						80 % mín.	
MEZCLA DECONTINUA EN CALIENTE	25 % máx.	20 % máx.	110 mín.	75 % mín.	12% máx.	18% máx.	85/70	45 % mín.	0.45 mín.	10 % máx.	N.P.	50 % mín.	0.5 % máx.					80 % mín. (tipo F)	25 % máx. (tipo M)
MEZCLA DRENANTE	25 % máx.	20 % máx.	110 mín.	75 % mín.	12% máx.	18% máx.	85/70		0.45 mín.	10 % máx.	N.P.	50 % mín.	0.5 % máx.						40 % máx.
RECUBRIDO DEL PAVIMENTO EXICIENTE (Material de adición)	40% máx. (en frío) 20 % máx. (en caliente)	25 % máx. (en frío) 20 % máx. (en caliente)	75 mín. (en frío) 110 mín. (en caliente)	75 % mín. (en frío) 75 % mín. (en caliente)	12% máx.	18% máx.	50% (mezcla) (en frío) 85/70 (mezcla) (en caliente)	35 % mín. (en frío) 45 % mín. (en caliente)	0.45 mín. (en caliente)	10 % máx.	N.P.	30 % mín. (frío) 50 % mín. (caliente)	0.5 % máx. (caliente)		50 % mín. (mezcla en frío)			80 % mín. (mezcla en caliente)	
MEZCLA DE ALTO MÓDULO	25% máx.	20 % máx.	110 mín.	75 % mín.	12% máx.	18% máx.	85/70	45 % mín.		10 % máx.	N.P.	50 % mín.	0.5 % máx.					80 % mín.	

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento Portland. Su densidad aparente, determinada por el ensayo de sedimentación en tolueno (norma de ensayo INV E-225), se deberá encontrar entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico (0.5 y 0.8 g/cm³), excepto para el llenante mineral empleado en las elaboraciones de lechadas asfálticas, caso en el cual se deberá encontrar entre cinco y once décimas de gramo por centímetro cúbico (0.5 y 1.1 g/cm³).

El llenante mineral total de la fórmula de trabajo obtenida para diseños de mezclas asfálticas densas, semidensas y gruesas para proyectos con niveles de tránsito NT2 y NT3, deberá presentar un valor de vacíos en seco no menor de treinta y ocho por ciento (38%), según la norma de ensayo INV E-229. La mezcla de los agregados grueso y fino y el llenante mineral se deberá ajustar a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

400.2.2 Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será seleccionado en función de las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía y, salvo justificación en contrario, corresponderá a los tipos indicados en la Tabla 400.2.

Tabla 400.2
Tipo de cemento asfáltico por emplear en mezclas en caliente

TIPO DE CAPA	NT1			NT2			NT3		
	TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERADA DE LA REGIÓN (°C)								
	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15	> 24	15-24	< 15
Rodadura e intermedia	60 – 70	60 – 70 u 80 – 100	80 – 100	60 – 70	60 – 70 u 80 – 100	80 – 100	60 – 70 o Tipo III	60 – 70 o Tipo II	80 – 100 o Tipo II
Base	–	–	–	60-70 u 80-100	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80 – 100
Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura	–	–	–	Tipo II o Tipo III					
Mezcla drenante	–	–	–	Tipo I o Tipo II					
Alto módulo	–	–	–	–	–	–	Tipo V	Tipo V	Tipo V

Notas:

- (1) Las denominaciones Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo V corresponden a cementos asfálticos modificados con polímeros, según se define en el numeral 400.2.3
- (2) Para una temperatura menor de 15°C y tránsito NT3, el proyectista podrá recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60 – 70, si considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros Tipo III para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de 24°C o menores.

Las especificaciones que debe cumplir el cemento asfáltico se indican en la Tabla 400.3

Tabla 400.3
Especificaciones del cemento asfáltico

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN			
			60-70		80-100	
			Mín	Máx	Mín	Máx
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	60	70	80	100
Índice de penetración	-	E-724	-1	+1	-1	+1
Viscosidad absoluta (60° C)	P	E-716 o E-717	1500	-	1000	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99	-	99	-
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-
Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163°C, 75 minutos).	%	E-720	-	1.0	-	1.0
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original.	%	E-706	52	-	48	-
Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (E-720).	°C	E-712	-	9	-	9

400.2.3 Cemento asfáltico modificado con polímeros

El cemento asfáltico modificado con polímeros se define como aquel ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico de los definidos en el numeral 400.2.2 del presente Artículo. Quedan comprendidos dentro de esta definición, los cementos asfálticos modificados suministrados a granel o los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes. Se excluyen los obtenidos a partir de adiciones incorporadas a los agregados o en el mezclador de la planta asfáltica.

Las denominaciones y las características básicas de los cementos asfálticos modificados con polímeros, son las indicadas en la Tabla 400.4.

El Tipo I se basa en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con EVA o polietileno y se empleará en la elaboración de mezclas de tipo drenante.

Los Tipos II, III y IV se basan en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con copolímeros de bloque estirénico como el SBS. El Tipo II se aplicará en mezclas drenantes, discontinuas y densas, semidensas y gruesas en caliente en general; el Tipo III en mezclas discontinuas y densas, semidensas y gruesas en caliente en zonas de altas exigencias y el Tipo IV se

utilizará en la elaboración de mezclas antirreflectivas de grietas del tipo arena asfalto o riegos en caliente para membranas de absorción de esfuerzos.

El Tipo V es un asfalto modificado de alta consistencia, recomendado para la manufactura de mezclas asfálticas de alto módulo.

Se podrán utilizar cementos asfálticos modificados con polímeros diferentes a los citados en este numeral, siempre que se cumplan las exigencias respectivas de la Tabla 400.4 para los diferentes tipos.

400.2.4 Emulsiones asfálticas

De acuerdo con la aplicación y según lo establezca la respectiva especificación, se utilizarán emulsiones catiónicas de rotura rápida, media o lenta, cuyas denominaciones y características básicas se presentan en la Tabla 400.5.

400.2.5 Emulsiones asfálticas modificadas con polímeros

Las emulsiones asfálticas que dan lugar a un residuo consistente en cemento asfáltico modificado con polímeros, serán catiónicas de rotura rápida, media o lenta y sus designaciones y características básicas son las especificadas en la Tabla 400.6.

400.2.6 Asfalto líquido para imprimación

El asfalto líquido para riegos de imprimación es el ligante hidrocarbonado resultante de incorporar a un cemento asfáltico fracciones líquidas, más o menos volátiles, procedentes de la destilación del petróleo, el cual se emplea en la protección de capas granulares no estabilizadas. Sus características básicas son las especificadas en la Tabla 400.7.

400.2.7 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

En caso de que los requisitos de adhesividad indicados en la Tabla 400.1 no sean satisfechos, no se permitirá el empleo del agregado pétreo, salvo que se incorpore un producto mejorador de adherencia, de calidad reconocida, en la proporción necesaria para satisfacerlos, la cual deberá ser aprobada por el Interventor. Los aditivos por emplear deberán ser recomendados y suministrados por el Constructor.

400.3 EQUIPO

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

Tabla 400.4
Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV		TIPO V	
			Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Asfalto original			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	55	70	55	70	55	70	80	130	15	40
Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola	°C	E-712	58	-	58	-	65	-	60	-	65	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702	-	-	15	-	15	-	30	-	-	-
Recuperación elástica por torsión a 25°C	%	E-727	15	-	40	-	70	-	70	-	15	-
Estabilidad al almacenamiento (*) Diferencia en el punto de ablandamiento	°C	E-726 Y E-712	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante la copa abierta Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-
Residuo del ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (INV E-720)												
Pérdida de masa	%	E-720		1	-	1	-	1	-	1	-	1
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento, % de la penetración original	%	E-706	65	-	65	-	65	-	60	-	70	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702	-	-	8	-	8	-	15	-	-	-

(*) No se exigirá este requisito cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Interventor

Tabla 400.5
Especificaciones para emulsiones asfálticas catiónicas

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA					
			CRR - 1		CRR - 2		CRM		CRL - 0		CRL - 1		CRL - 1h	
			Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Viscosidad														
Saybolt Furol a 25°C	s	E-763	-	-	-	-	-	-	-	50	-	200	-	100
Saybolt Furol a 50°C	s		20	100	20	300	20	450	-	-	-	-	-	-
Contenido de agua en volumen	%	E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	43
Estabilidad en almacenamiento														
Sedimentación a los 7 días	%	E-764	-	5	-	5	-	5	-	10	-	5	-	5
Destilación														
Contenido de asfalto residual	%	E-762	60	-	65	-	60	-	40	-	57	-	57	-
Contenido de disolventes	%		-	3	-	3	-	12	10	20	-	-	-	0
Tamizado														
Retenido tamiz N° 20 (850 µm)	%	E-765	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1
Rotura														
Diocetilsulfosuccinato sódico	%	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mezcla con cemento	%	E-770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Carga de partícula		E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH		E-768	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6
Recubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento														
Con agregado seco		E-769	-	-	-	-	Buena		-	-	-	-	-	-
Con agregado seco y acción del agua			-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
Con agregado húmedo			-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
Con agregado húmedo y acción del agua			-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación														
Penetración (25°C ,100gr,5s)	0.1 mm	E-706	60 100	100 250	60 100	100 250	100	250	200	300	60 100	100 250	60	100
Ductilidad (25°C ,5cm/min)	cm	E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	97	-	97	-	97	-	97	-	97	-	97	-

Tabla 400.6
Especificaciones para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA	
			CRR-1m		CRR-2m		CRM-m		CRL-1hm	
			Mín	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	s	E-763	-	-	-	-	-	-	-	100
a 50°C	s		20	100	20	300	20	450	-	-
Contenido de agua en volumen	%	E-761	-	40	-	35	-	35	-	43
Estabilidad en almacenamiento Sedimentación a los 7 días	%	E-764	-	5	-	5	-	5	-	5
Destilación										
Contenido de asfalto residual	%	E-762	60	-	65	-	60	-	57	-
Contenido de disolventes	%		-	3	-	3	-	12	-	0
Tamizado										
Retenido en tamiz N° 20 (850 µm)	%	E-765	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1
Rotura										
Diocilsulfosuccinato sódico	%	E-766	40	-	40	-	-	-	-	-
Mezcla con cemento	%	E-770	-	-	-	-	-	-	-	2
Carga particulada		E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH		E-768	-	6	-	6	-	6	-	6
Recubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento										
Con agregado seco		E-769	-	-	Buena		-	-	-	-
Con agregado seco y acción del agua			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Con agregado húmedo			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Con agregado húmedo y acción del agua			-	-	Satisfactoria		-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de evaporación		E-771								
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	60 100	100 250	60 100	100 250	100	250	60	100
Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola	°C	E-712	55 45	-	55 45	-	40	-	55 45	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	E-702	10	-	10	-	10	-	10	-
Recuperación elástica por torsión 25°C.	%	E-727	12	-	12	-	12	-	12	-

Tabla 400.7
Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	MC 30	
			mín	máx
Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.)	° C	E-710	38	–
Viscosidad cinemática (60°C)	cSt	E-715	30	60
Viscosidad Saybolt Furol (25°C)	s	E-714	75	150
Destilación: Destilado (% sobre volumen total destilado hasta 360°C) :				
A 225°C	%	E-723	–	25
A 260°C	%		40	70
A 316°C	%		75	93
Residuo de destilación a 360°C (% en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
Ensayo sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25°C , 5 cm/minuto)	cm	E-702	100	–
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99.5	100

400.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

400.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquéllas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Constructor no cumple con estos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

En todos los casos, la explotación de materiales y el procesamiento y transporte de agregados se deberá atener a lo dispuesto en la legislación vigente en la materia ambiental, de seguridad y salud, de almacenamiento y de transporte de productos de construcción.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor deberá remodelar el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

400.4.2 Fórmulas de trabajo para mezclas asfálticas, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el tratamiento o mezcla. Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se consignarán el tipo y las características del ligante asfáltico; la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben ser mezclados, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación aprobada, así como la granulometría de los agregados combinados.

En el caso de mezclas y lechadas asfálticas se deberán indicar, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con el peso de la mezcla o de los agregados secos, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, se deberá indicar la proporción de ésta.

En el caso de mezclas en caliente, también se deberán señalar:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y del ligante. En ningún caso se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 °C).
- Las temperaturas de mezcla con cemento asfáltico se deberán encontrar dentro del rango correspondiente a una viscosidad del asfalto entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt). Además, en el caso de asfaltos modificados con polímeros, en la temperatura de mezcla se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante.
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador dependerán del tipo de mezcla y de la planta en la cual ésta se elabore. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180°C) en las plantas discontinuas, ni mayor de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165°C) en las de tambor secador-mezclador. Esta temperatura podrá ser incrementada en diez grados Celsius (10°C) en el caso de las mezclas de alto módulo.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.

- Las temperaturas mínimas aceptables de la mezcla al inicio y a la terminación de la compactación.

Cuando se trate del diseño de una mezcla reciclada en caliente, la fórmula deberá señalar también:

- Proporciones en que se deben mezclar los materiales recuperados del pavimento y el agregado nuevo, así como la granulometría resultante de su mezcla, determinada por los tamices correspondientes a la franja granulométrica aprobada.
- Tipo y porcentaje de ligante bituminoso nuevo, en relación con el peso de la mezcla.
- Porcentaje requerido de agente rejuvenecedor, en relación con el peso del asfalto envejecido.
- Porcentaje requerido de aditivo mejorador de adherencia, en relación con el peso del ligante bituminoso nuevo.
- Las temperaturas máximas y mínimas de calentamiento previo de agregados, del pavimento recuperado, del asfalto nuevo y del agente rejuvenecedor. En ningún caso se podrá calentar el material por reciclar a una temperatura superior a la del ligante bituminoso de adición.

La mezcla diseñada con la fórmula de trabajo deberá ser verificada respecto de su sensibilidad ante la acción del agua, mediante los ensayos indicados en la Tabla 400.1.

Para algunas mezclas destinadas a capa de rodadura e intermedias se deberá verificar, también, su resistencia al ahuellamiento, con los ensayos y valores límites indicados en los Artículos correspondientes del Capítulo 4 de estas especificaciones. Esta verificación también se realizará a las mezclas de alto módulo.

Cuando se trate de tratamientos superficiales, el Constructor deberá informar al Interventor las dosificaciones de ligante asfáltico y de agregados pétreos para los distintos riegos, incluyendo la posible incorporación de aditivos.

Si se trata de lechadas asfálticas, tratamientos superficiales y mezclas en caliente destinadas a capa de rodadura, la respectiva fórmula de trabajo deberá asegurar el cumplimiento de las características de macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de la obra terminada, según lo establecido en cada uno de los Artículos correspondientes a dichas partidas de trabajo.

La fabricación de las mezclas asfálticas y la puesta en obra de ellas y de los tratamientos superficiales y lechadas asfálticas no se podrá iniciar hasta contar con la aprobación de la correspondiente fórmula de trabajo por parte del Interventor. La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por parte del Interventor no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por la respectiva especificación. La fórmula aprobada sólo se podrá modificar durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

400.4.3 Fase de experimentación en mezclas nuevas o recicladas, tratamientos y lechadas asfálticas

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el Interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte, colocación, compactación y eventual curado de la mezcla, lechada o tratamiento, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación.

En el caso de la construcción de lechadas asfálticas, el proceso no incluirá la etapa de compactación.

El Interventor tomará muestras del tratamiento, lechada o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Interventor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de mezclas nuevas o recicladas, el Interventor establecerá, durante la fase de experimentación, correlaciones entre los métodos corrientes de control de la dosificación del ligante y de la densidad en el terreno y otros métodos rápidos de control.

En el caso de tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas en frío, se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las provisiones necesarias en el control del tránsito público.

400.4.4 Muestreo y ensayos

El Constructor deberá permitir al Interventor la toma de todas las muestras que exigen estas especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos impuestos en ellas.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el Constructor será el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar correrán a su exclusivo costo.

400.4.5 Transporte de materiales

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá construir, por cuenta y cargo suyo, los desvíos necesarios.

400.4.6 Desvíos

Los desvíos que sea necesario construir durante la ejecución de las obras deberán permitir la circulación de los equipos al servicio de la obra y el tránsito público en forma segura y sin inconvenientes. Cuando a juicio del Interventor su construcción no resulte práctica, podrá autorizar las operaciones constructivas por medias calzadas.

En todos los casos, el Constructor está obligado a colocar y mantener el personal y las señales necesarias para guiar el tránsito, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. En caso de que no se cumplan estas condiciones, el Interventor prohibirá la ejecución de trabajos en las zonas afectadas.

400.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores referentes a las actividades que son objeto de los Artículos del Capítulo 4 de estas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral prevalecerán, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

400.4.7.1 Ligante

- Sus depósitos se deberán localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deberán construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotanques no podrán ser vertidos en la zona de derecho de vía, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material deberá ser recogido, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento contruidos para tal fin y aprobados ambientalmente.
- Se deberá evitar el sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.
- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deberán ser dotados de los equipos apropiados de seguridad industrial.

400.4.7.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos

- No se permitirá la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se preferirá la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se deberá planear adecuadamente la explotación de la fuente, de manera de minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el Interventor sólo aceptará su uso después de que el Constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.
- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el Constructor presentará al Interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se deberá retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones, para recuperarlas al término de la explotación.
- Se deberán limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deberán ser adecuadamente canalizados.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deberán ser conducidos a piscinas de sedimentación.
- Tanto en las plantas de trituración como en las asfálticas, se deberá realizar un seguimiento permanente al componente atmosférico durante su operación.
- El manejo de explosivos deberá ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deberán ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.
- Se deberá procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se podrán situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto de inestabilidad geotécnica. El área deberá ser aislada con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua está prohibido.

- El horario nocturno de trabajo deberá ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción en la vía.
- Junto a las instalaciones de trituración se deberán construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el Constructor deberá readecuar los relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizará la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el Constructor deberá retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Así mismo, deberá descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

400.4.7.3 Plantas de mezcla en general

- Ninguna planta de mezcla se podrá instalar a menos de doscientos metros (200 m), medidos desde el mezclador, de residencias, clínicas, colegios, y otras construcciones comunitarias.
- Las plantas no se podrán operar sin las licencias requeridas y, durante el desarrollo de los trabajos, se deberán mantener en condiciones de operación dentro de lo prescrito en dichas licencias y en estas especificaciones.
- La planta deberá contar con un sistema apropiado de control de polución de aire, conforme con los patrones establecidos en la legislación vigente.
- Los sitios de acopio de los agregados fríos deberán disponer de cobertura y de protecciones laterales para evitar la generación de emisiones fugitivas durante las operaciones de carga y descarga.
- La banda transportadora de los agregados fríos deberá ser protegida contra la acción del viento.
- Se deberán implementar procedimientos que permitan que la alimentación al mezclador (mezclas en frío) o al secador (mezclas en caliente) se realice sin emisiones visibles a la atmósfera.
- Se deberán mantener limpias las vías internas de acceso a la planta.
- Se deberán mantener en buenas condiciones todos los equipos de proceso y de control.
- Las instalaciones deberán contar con una señalización adecuada para el tránsito que circule dentro de ellas.

400.4.7.4 Plantas de mezcla en caliente

- Se deberán operar con un combustible ambientalmente autorizado.
- Se deberá mantener la presión negativa en el tambor secador cuando la planta esté en operación, para evitar emisiones de partículas a la entrada y a la salida de ésta.
- En las plantas discontinuas, se deberán dotar al sistema de clasificación en caliente y al mezclador, de sistemas de escape hacia los dispositivos de control de polución de aire, para evitar la emisión de vapores y partículas a la atmósfera.
- Los silos de almacenamiento del llenante mineral deberán disponer de un sistema propio de filtración en seco.
- Se deberán adoptar procedimientos operacionales que eviten la emisión de partículas provenientes de los sistemas de limpieza de los filtros de mangas y de reciclado del polvo mineral.

400.4.7.5 Transporte de agregados y mezclas

- Cuando viajen cargados, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Los vehículos deberán tener al día los certificados sobre emisiones de gases.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deberán limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no podrán ser arrojados a la zona de derecho de vía, ni a cursos de agua, ni a estructuras de drenaje superficial.

400.4.7.6 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deberán transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- Los vehículos que transportan estos elementos deberán tener vigente su certificado sobre emisión de gases a la atmósfera.

400.4.7.7 Ejecución de riegos

- Se deberá vigilar la viscosidad del ligante, para impedir que el riego fluya hacia las cunetas y zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Los tratamientos superficiales terminados deberán ser barridos adecuadamente para eliminar partículas sueltas, las cuales pueden ser proyectadas peligrosamente por las llantas hacia otros vehículos o hacia las zonas aledañas a la vía.

- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad sólo se podrán efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

400.4.7.8 Extensión y compactación de mezclas

- Se deberán implementar medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante las operaciones de extensión y compactación de mezclas en caliente.
- Se deberá implementar un plan de control del tránsito, si las operaciones se desarrollan con la vía abierta al tránsito público.
- No se permitirá la disposición de residuos en las zonas aledañas a la superficie pavimentada.

400.4.7.9 Fresado de pavimentos asfálticos

- Se deberá implementar un plan para el control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos.
- La superficie fresada deberá ser cubierta a la mayor brevedad, para corregir el impacto por generación de ruido.
- Los materiales fresados deberán ser transportados en vehículos con sus certificados de emisión de gases al día y serán depositados en vertederos que tengan debida licencia para su funcionamiento.
- Se deberá evitar la contaminación del material fresado con suelos u otros materiales extraños.
- La operación de barrido de la superficie fresada no podrá causar molestias por producción de polvo, a las personas y bienes vecinos a la vía.

400.4.7.10 Reciclado de pavimentos asfálticos

- Se deberá implementar un plan de control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos de reciclado en el lugar.
- Los materiales que resulten descartados del proceso deberán ser conducidos a vertederos apropiados.
- Si en el proceso de reciclado en el lugar se incorporan estabilizantes en polvo, se deberán tomar medidas para evitar las molestias que pueda causar su dispersión por la acción del viento.
- Para los reciclados en planta en caliente resultan aplicables los cuidados indicados en el numeral 400.4.7.4.

400.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

400.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en el numeral 400.2 de este Artículo y en la especificación correspondiente a la partida de trabajo respectiva.
- Evaluar las fórmulas de trabajo presentadas por el Constructor y aprobarlas cuando corresponda.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.
- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas y de las mezclas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).
- Efectuar ensayos de control de mezcla, tasa de aplicación, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.
- Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en riegos de liga y curado e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de las mezclas o lechadas asfálticas, durante el período de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control, se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo INV: E-201 para agregados pétreos y llenantes minerales, E-701 para materiales bituminosos y E-731 para mezclas asfálticas.

El Constructor rellenará con mezcla asfáltica, de la misma calidad de la extraída, a su costa, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

También cubrirá, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

400.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones específicas de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas, se indican en los Artículos correspondientes a las respectivas partidas de trabajo. Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados, estarán a cargo del Interventor, salvo que el Pliego de Condiciones del contrato establezca lo contrario.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

400.6 MEDIDA

400.6.1 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena- asfalto y lechadas asfálticas.

La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

Cuando el cómputo de la fracción decimal de la obra aceptada resulte mayor o igual a cinco décimas de metro cuadrado ($\geq 0.5 m^2$), la aproximación al entero se realizará por exceso y si resulta menor de cinco décimas de metro cuadrado ($< 0.5 m^2$), la aproximación se realizará por defecto.

No habrá lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie.

400.6.2 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3) aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla elaborada, suministrada y compactada en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos u ordenados por el Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

Cuando el cómputo de la fracción centesimal del volumen de la obra aceptada resulte mayor o igual a cinco centésimas de metro cúbico ($\geq 0.05 m^3$) la aproximación a la décima se realizará por exceso y cuando sea menor de cinco centésimas de metro cúbico ($< 0.05 m^3$), la aproximación se realizará por defecto.

400.6.3 Ejecución de bacheos con mezcla asfáltica

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3) aproximado al décimo de metro cúbico, de bacheo con mezcla asfáltica ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la superficie en donde el Interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado la mezcla, de acuerdo con la especificación respectiva. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

Cuando el cómputo de la fracción centesimal del volumen de la obra aceptada resulte mayor o igual a cinco centésimas de metro cúbico ($\geq 0.05 m^3$) la aproximación a la décima se realizará por exceso y cuando sea menor de cinco centésimas de metro cúbico ($< 0.05 m^3$) la aproximación se realizará por defecto.

400.7 FORMA DE PAGO

400.7.1 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas.

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos, desperdicios, cargues,

transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla (en el caso de lechadas asfálticas), extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

La preparación de la superficie existente, salvo el barrido y soplado, se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

En el caso de riegos de liga que se deban colocar sobre una capa cubierta por un riego de curado, el precio unitario del riego de liga deberá incluir el costo de todas las operaciones necesarias para la eliminación del riego de curado.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie; el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de los materiales bituminosos, modificadores, agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por los riegos de asfalto, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados; y los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúa el costo de suministro, almacenamiento, desperdicios y aplicación de materiales bituminosos en las paredes de la excavación y la superficie sobre la que ha de colocarse mezcla asfáltica en operaciones de bacheo, el cual se deberá incluir dentro del precio unitario de dicha mezcla.

400.7.2 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y bacheos con mezcla asfáltica

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m³), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas; las instalaciones

provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, elaboración de las mezclas, almacenamientos, cargues, transportes y descargues de agregados y mezclas; así como la colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas.

En el caso de mezclas en frío, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida, así como el curado de las mezclas compactadas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo, de la fase de experimentación y la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el Interventor, así como los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

Con excepción del barrido y soplado de la superficie, se considera que la preparación de la superficie existente se encuentra incluida dentro del ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

El precio unitario también deberá incluir el barrido y soplado de la superficie; el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se colocará mezcla asfáltica durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva, así como los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

En las mezclas asfálticas que se elaboren en caliente, salvo las contempladas en el Artículo 451, el precio unitario deberá incluir, también, los costos por el registro fotográfico infrarrojo para establecer las temperaturas de colocación y compactación de las mezclas en obra.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento del producto asfáltico para la mezcla, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación referente a dicho producto. En caso de que se requieran aditivos mejoradores de adherencia o modificadores diferentes de los polímeros definidos en el numeral 400.2.3, su costo deberá estar incluido dentro del precio unitario de la mezcla.

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente se pagarán de acuerdo con el Artículo 465 de las presentes especificaciones.

400.7.3 Ejecución de reciclado de pavimentos asfálticos

El pago se hará al precio unitario del contrato, por metro cúbico (m³), por toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

En los casos en que el trabajo requiera la incorporación de agregados pétreos nuevos, el precio unitario deberá incluir todos los costos de adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, cargues, transportes, descargues, suministro y mezcla de los agregados pétreos en el sitio de las obras y los eventuales desperdicios.

En el caso de reciclado de pavimentos en frío, el precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de cortar y disgregar las capas asfálticas y granulares. También, deberá incluir todos los costos de la extracción, bombeo, transporte, suministro, aplicación y mezcla del agua requerida, según se haya definido en la fórmula de trabajo, o la eventual aireación de la mezcla preparada; así como los del suministro e incorporación de los mejoradores de adherencia y de los controladores de rotura de la emulsión asfáltica; los de la aplicación y mezcla del agente de reciclado y de los demás elementos de aporte, incluyendo el calentamiento del cemento asfáltico en el caso de reciclados del tipo asfalto espumado; la extensión de la mezcla elaborada, su nivelación, compactación y perfilado y el suministro y aplicación de la emulsión y arena requeridas para los riegos de curado y su barrido; el retiro y disposición final de sobretamaños y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del reciclado en frío del pavimento.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos en frío en el lugar, los costos referentes a la demolición parcial y posterior reconstrucción de las estructuras de servicios públicos que requieran este tratamiento, según lo indicado en el numeral 461.4.4 del Artículo 461. La ejecución de estos trabajos se pagará de acuerdo con la especificación particular respectiva.

En el caso de reciclado de pavimentos en planta y en caliente, el precio unitario deberá incluir los costos de acopio, tratamiento y caracterización de los materiales fresados por reciclar; los de fabricación de la mezcla reciclada en caliente; los de almacenamientos eventuales de la mezcla elaborada y los de su transporte, descarga, extensión, nivelación y compactación en obra, así como los que implique el registro fotográfico infrarrojo para dejar constancia de las temperaturas de colocación y compactación de la mezcla.

El precio unitario del reciclado de pavimentos en planta y en caliente deberá incluir, también, todos los costos de suministro e incorporación en la mezcla del llenante mineral y de los mejoradores de adherencia que se requieran de acuerdo con lo que establezca la fórmula de trabajo mencionada en el numeral 400.4.2 y los de incorporación del cemento asfáltico nuevo y de los agentes rejuvenecedores que sean necesarios para recuperar las propiedades del asfalto incluido en la mezcla disgregada; así como los correspondientes a cargues, almacenamiento, transportes, descargues, desperdicios, extensión y compactación de la mezcla reciclada; y el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la

cual se colocará mezcla asfáltica reciclada en caliente durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta y completa ejecución del trabajo especificado en el Artículo 462.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos asfálticos en planta y en caliente todos los costos por concepto de disgregar las capas asfálticas en el espesor indicado en los documentos del proyecto u ordenado por el Interventor, así como su cargue, transporte y disposición en los sitios de acopio aprobados, los cuales se pagarán con cargo al Artículo 460, “Fresado de Pavimentos Asfálticos”.

Formarán parte del precio unitario, tanto de los reciclados en frío como en caliente, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los de la fase de experimentación y los de la adecuación paisajística de las fuentes que se hayan explotado para la obtención de los agregados nuevos, de manera de recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las presentes especificaciones y en la normativa ambiental vigente; también, todos los costos relacionados con la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el Interventor; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

En relación con los explosivos, resulta aplicable todo lo pertinente del numeral 400.7.2 del presente Artículo.

En los reciclados con productos bituminosos, se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico o la emulsión asfáltica, el cual se pagará de acuerdo con lo que establecen los Artículos 410 y 411, respectivamente, de las presentes especificaciones. También, se excluyen el costo del suministro de los elementos de aporte (puzolanas) citados en el numeral 461.2.3 del Artículo 461 para el reciclado en frío y el del rejuvenecedor del asfalto para el reciclado de mezclas en caliente, cuando éste se requiera, los cuales se pagarán de acuerdo con las especificaciones particulares respectivas.

En los reciclados que empleen ligantes hidráulicos, se excluye del precio unitario el suministro del agente de reciclado, el cual se pagará de acuerdo con lo que establezca la especificación particular que corresponda.

Las excavaciones requeridas para la reparación del pavimento existente, se pagarán de acuerdo con el Artículo 465 de las presentes especificaciones.

TOMA DE MUESTRAS DE MATERIALES BITUMINOSOS

I.N.V. E – 701 – 07

1. OBJETO

- 1.1 Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la toma de muestras de asfaltos líquidos, semisólidos; sólidos y emulsionados en los sitios de producción, almacenamiento y entrega.
- 1.2 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma. Los valores en paréntesis son de información únicamente.
- 1.3 Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

2. USO Y SIGNIFICADO

- 2.1 La toma de muestras tiene tanta importancia como los ensayos y se deben adoptar las precauciones necesarias para obtener muestras que representen verdaderamente la naturaleza y el estado de los materiales. Los resultados de los ensayos tienen valor, únicamente, cuando se realizan sobre muestras que sean verdaderamente representativas del material que se trata de identificar.
- 2.2 Las muestras se pueden tomar con los siguientes fines:
 - 2.2.1 Para verificar las condiciones medias del material.
 - 2.2.2 Para determinar las variaciones máximas de las características que posee el material.

3. TOMA DE MUESTRAS

- 3.1 Siempre que sea posible se tomarán las muestras de los materiales asfálticos en el lugar de su producción y en un momento tal, que se puedan realizar los ensayos antes de efectuar el envío, con el fin de que se pueda admitir o rechazar el material con anticipación.
- 3.2 Cuando no sea posible realizar la toma de las muestras en el lugar de producción, se tomarán del embarque inmediatamente anterior a la entrega.

4. TAMAÑO DE LA MUESTRA

4.1 *Número de muestras* – El número mínimo de muestras para análisis y la masa o volumen de cada una de ellas debe ser los que se indican en la Tabla 1 para cada tipo de ligante bituminoso. El lugar de extracción de la muestra debe ser el señalado en la misma tabla.

Tabla 1. Indicaciones para muestreo según el tipo de material bituminoso

Material bituminoso	Procedencia	No de muestras	Cantidad de cada muestra	Nivel de extracción
Asfalto líquido y emulsión asfáltica	Camión transportador	3	1 Lt	Inicio, mitad y termino de vaciado
	Tanque de almacenamiento	3	1 Lt	Superior, intermedio e inferior
	Barriles o tambores	1 por cada unidad seleccionada (Tabla 2)	2 Lt	Núcleo
Asfalto sólido o semisólido	Camión transportador	3	1 Kg	Inicio, mitad y termino de vaciado
	Tanque de almacenamiento	3	1 Kg	Superior, intermedio e inferior
	Barriles o tambores	1 por cada unidad seleccionada (Tabla 2)	2 Kg	Núcleo

Las indicaciones de la tabla también aplican a asfaltos modificados.

4.2 Los tamaños de las muestras que se enviarán al laboratorio para realizar los ensayos, según su consistencia, serán los que se indican a continuación:

4.3 Materiales líquidos.

4.3.1 Para ensayos rutinarios en el Laboratorio, 1litro (1 cuarto de galón). En el caso de emulsiones, 4litro (1 galón).

4.3.2 De lugares de almacenamiento durante la carga o el llenado de los depósitos, carrotanques o camiones, 1 galón.

4.3.3 De barriles o canecas, 1litro (1 cuarto de galón).

4.4 Materiales semisólidos o sólidos.

4.4.1 De barriles, canecas o bloques de 1 a 2 kg.

4.4.2 De materiales molidos o en polvo a granel o en sacos, de 1 a 1.8 kg. (2 a 3 lbs).

5. RECIPIENTES

- 5.1 Los recipientes para asfaltos líquidos, excepto los de las emulsiones, serán latas de boca ancha, con tapa de rosca, provista de empaques.
- 5.2 Los recipientes para emulsiones asfálticas serán jarros de boca ancha, botellas de plástico o latas de boca ancha, con tapa de rosca, provista de empaques plásticos.
- 5.3 Los recipientes para materiales semisólidos o sólidos serán recipientes con tapa a presión o bolsas de plástico, introducidas en cualquier recipiente adecuado que asegure su transporte.
- 5.4 El tamaño de los distintos recipientes estará de acuerdo con la cantidad de muestra requerida.

6. PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

- 6.1 Los recipientes serán nuevos. No se lavarán ni se enjuagarán con productos aceitosos, ni se secarán con telas engrasadas y no se podrán usar si presentan rastros de elementos fundentes de soldadura o si no están perfectamente limpios y secos. La tapa y el recipiente se deberán poder cerrar herméticamente.
- 6.2 Se tomarán precauciones para que las muestras no se contaminen. Inmediatamente después de llenado, el recipiente se cerrará herméticamente y se sellará.
- 6.3 El recipiente con la muestra no se debe limpiar exteriormente con ninguna clase de disolvente.
- 6.4 Inmediatamente después de lleno, cerrado y sellado, se marcará el recipiente para su identificación, pero no en su tapa. Se puede emplear para la identificación cualquier tipo de etiquetas, siempre que se coloque perfectamente con objeto de evitar su pérdida durante el transporte.

7. TOMA DE MUESTRAS EN EL SITIO DE PRODUCCIÓN

- 7.1 Tanques verticales sin mecanismo de agitación, de más de 1000 m³ de capacidad, con materiales líquidos o materiales que adquieran consistencia líquida al calentarlos.

Se recomiendan tres métodos para la toma de las muestras. Durante la aplicación de cualquiera de ellos se deberán mantener cerradas las bocas de carga y descarga del tanque.

- 7.1.1 *Método de la válvula tomamuestras* – El tanque deberá contar con tres válvulas de acceso fácil y seguro, localizadas en las siguientes posiciones: la primera en

el tercio superior del tanque, a una distancia no mayor de 1 m (3.3') de su parte superior; la segunda, en el tercio medio, y la tercera en el tercio inferior del tanque, pero a una distancia no menor de 1.1 m (3½') del fondo. La Figura 1 muestra un modelo recomendado de válvula con tubería de 19 mm (¾") de diámetro interior.

Antes de tomar la muestra de ensayo, se deberán sacar y desechar un mínimo de 4litros (1 galón) del producto de cada válvula. Para la muestra de ensayo se sacará entre 1litro (1 cuarto de galón) y 4litros (1 galón) de cada válvula.

- 7.1.2** *Método del tubo tomamuestras* – El método no es adecuado para asfalto sólido. Las muestras se tomarán en las secciones superior, media e inferior de los niveles del tanque indicados anteriormente en este Sección, introduciendo el tubo tomamuestras en el material. La Figura 2 muestra un modelo apropiado (Nota 1). Este dispositivo se puede emplear en la toma de una muestra repetida, ya que se evita la contaminación debida a la retención del material precedente por su acción de autolimpieza, al paso del material a través del tubo que está abierto en ambos extremos. Se recomienda por esto subir y bajar el tubo tomamuestras tres o cuatro veces a lo largo de una distancia aproximada de 1 m (3.3').

Nota 1.- Se introduce el dispositivo en el tanque con la válvula del fondo abierta (la parte superior no tiene cierre). Cuando se alcanza la profundidad conveniente, se da un tirón a la cadena con lo cual se cierra la válvula del fondo. Se saca entonces del tanque el tubo tomamuestras y se vierte su contenido en el recipiente adecuado. Este dispositivo se puede usar repetidas veces en el mismo tanque.

- 7.1.3** *Método del recipiente desechable* – Las muestras se tomarán en las secciones alta, media y baja, introduciendo en el material el recipiente montado en un soporte con lastre. Lo fundamental del método es emplear un recipiente limpio para tomar la muestra, verter ésta en otro recipiente también limpio y desechar el recipiente introducido en el tanque. Un modelo satisfactorio se indica en la Figura 3 (Nota 2).

Nota 2.- Se introduce el conjunto en el tanque con el tapón en posición. Cuando se alcanza la profundidad conveniente se quita el tapón tirando de la cadena de sujeción, con lo cual se comienza a llenar el recipiente. El cese del desprendimiento de burbujas indica que éste se ha llenado completamente; se saca a continuación del tanque y se vierte su contenido en un recipiente adecuado. Se debe emplear un recipiente distinto para cada toma de muestra.

- 7.1.4** Las tres muestras procedentes de los depósitos de almacenamiento se pueden ensayar por separado mediante ensayos de consistencia para detectar su estratificación. También pueden mezclarse totalmente y tomar una muestra de 1 a 4l (1 cuarto a 1 galón) para realizar otros ensayos que puedan requerirse para determinar las características medias del material.
- 7.2** Tanques de almacenamiento equipados con mecanismos de agitación, con materiales líquidos o materiales que adquieren consistencia líquida al calentarlos.

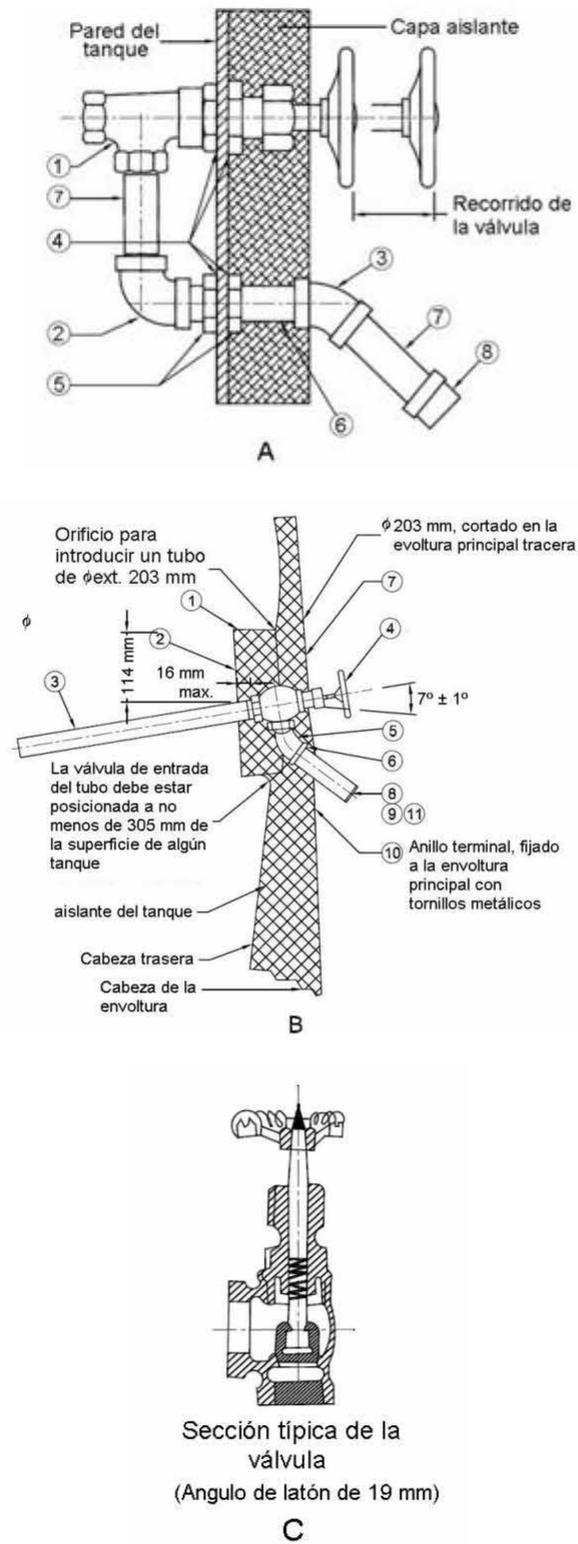


Figura 1. Válvulas tomamuestras

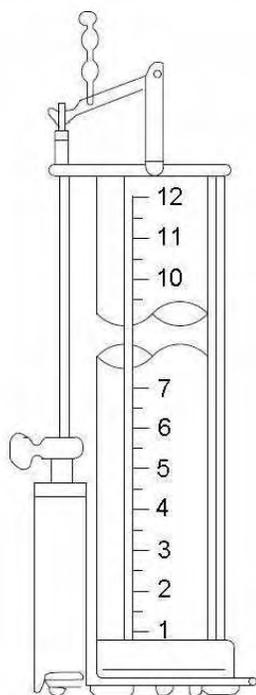
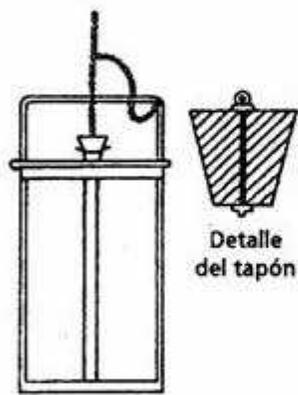


Figura 2. Tubo tomamuestras

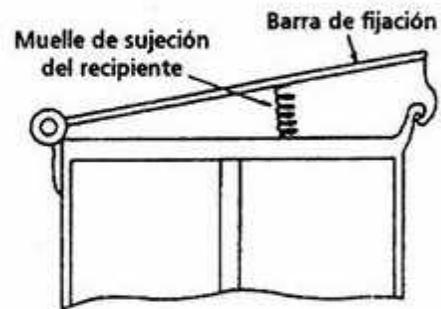
Cuando el tanque esté equipado de un mecanismo de agitación de eficacia comprobada, una sola muestra tomada por cualquiera de los procedimientos descritos en la Sección 7.1 puede ser satisfactoria para realizar los ensayos necesarios.

8. TOMA DE MUESTRAS DE LOS CARROTANQUES, CAMIONES DISTRIBUIDORES O TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON RECIRCULACION

- 8.1** La muestra se tomará de la válvula tomamuestras o del grifo, si los tanques disponen de ellos; de lo contrario, se deben acoplar estos dispositivos en el tanque. Un dispositivo de este tipo se indica en la Figura 5. Antes de tomar la muestra definitiva, se deberán sacar de la válvula tomamuestras 4 litros (1 galón) del producto, los cuales no serán considerados como muestra para ensayo.
- 8.2** Las muestras de materiales líquidos y de los que adquieren esta consistencia por calentamiento, se pueden tomar por el método de inmersión, empleando recipientes de boca ancha sostenidos en un soporte adecuado como el indicado en la Figura 4 (Nota 3). Se debe emplear un recipiente limpio para cada toma y el material obtenido se pasa a otro recipiente nuevo y limpio para formar la muestra de ensayo.



RECIPIENTE EN EL SOPORTE



DETALLE DEL MECANISMO DE SUJECIÓN

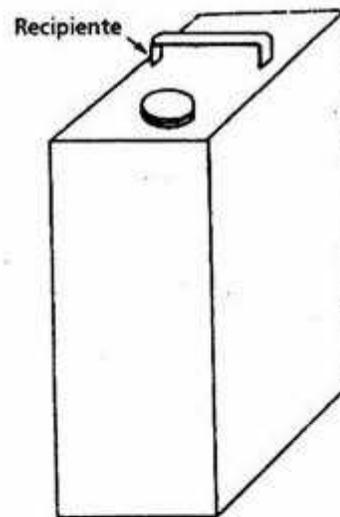
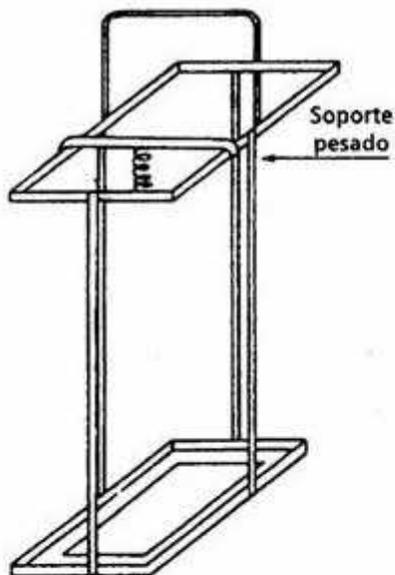


Figura 3. Recipiente desechable para la toma de muestras por inmersión

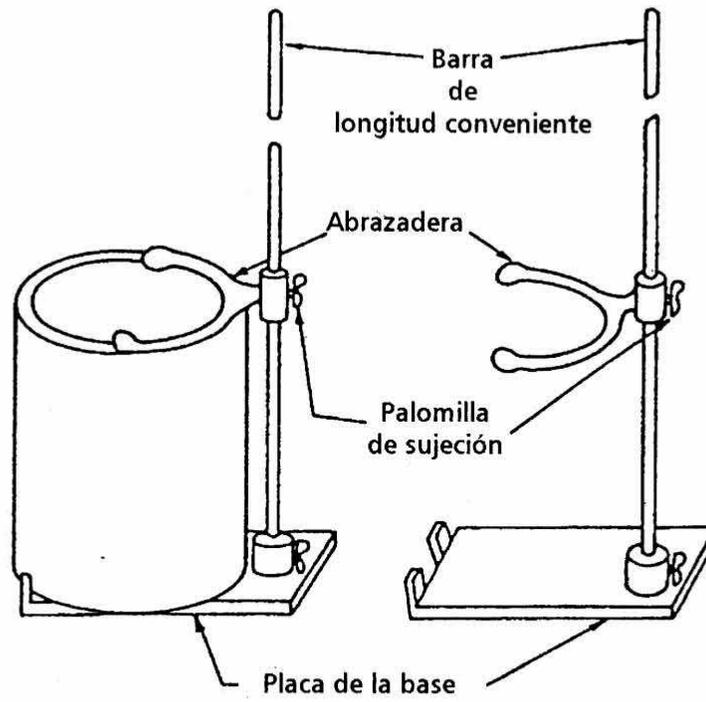


Figura 4. Recipiente de boca ancha para la toma de muestras por inmersión

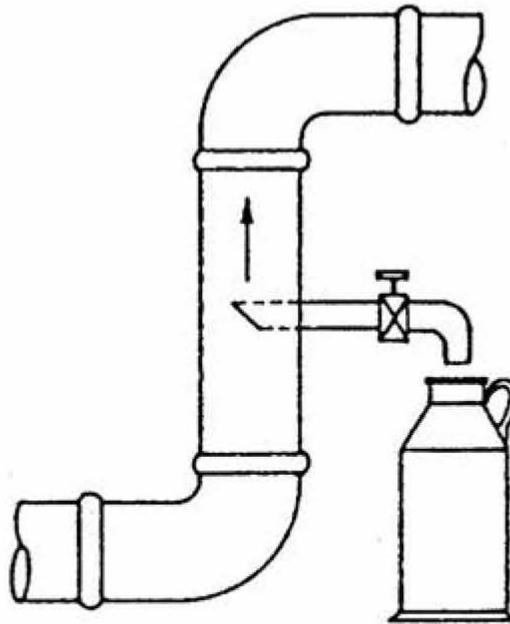


Figura 5. Grifo tomamuestras en tuberías de descarga

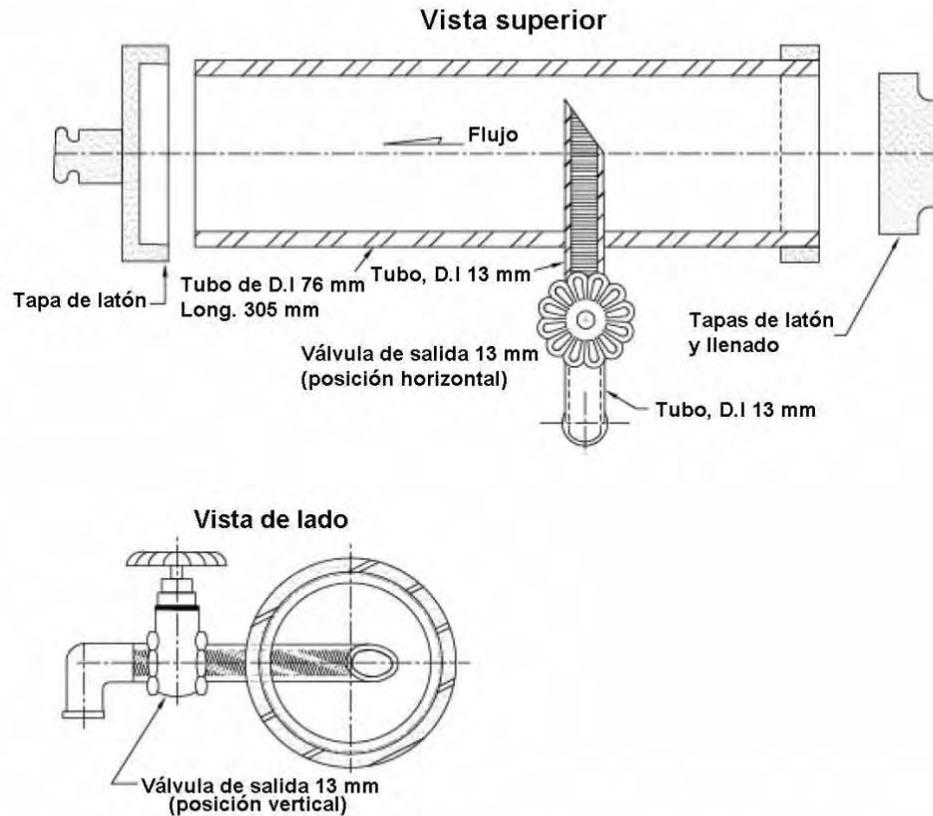


Figura 6. Dispositivo típico para muestreo de asfalto líquido de transporte

Nota 3.- El recipiente se fija en el soporte y se introduce en el tanque hasta la profundidad deseada, donde se deja hasta que se llene completamente. Se saca y se vierte su contenido en el recipiente adecuado. Se debe emplear un recipiente distinto para cada toma de muestra.

- 8.3** Un dispositivo desmontable similar al que se indica en las Figuras No.5 y No. 6, puede ser intercalado en la línea de descarga. Antes de tomar la muestra definitiva se deben sacar, como será indicado, 4 litros (1 galón) del producto.

9. TOMA DE MUESTRAS DE BARCOS TANQUES Y BARCAZAS

- 9.1** Para materiales líquidos, incluidos los asfaltos que adquieren consistencia líquida por calentamiento, se tomarán muestras en la parte superior, media e inferior, siguiendo los métodos descritos en la Sección 7.1.
- 9.2** Para los restantes materiales asfálticos que adquieren consistencia líquida por calentamiento, se tomará solamente una muestra de la parte superior por cualquiera de los métodos de inmersión ya descritos.

10. TOMA DE MUESTRAS DE TUBERIAS DURANTE LA CARGA Y DESCARGA

- 10.1 Cuando se están cargando o descargando buques-tanques y barcazas, se pueden tomar las muestras en forma conveniente de la tubería a través de la cual está fluyendo el material, intercalando un grifo tomamuestras dentro de una sección ascendente de la tubería en la zona de descarga de la bomba, o en una parte de la tubería completamente llena de material, en la cual éste fluya por gravedad. Un dispositivo de este tipo se muestra en la Figura 5. El tubo del grifo tomamuestras de la tubería de conducción y su abertura estarán cortados en bisel para facilitar la entrada del material.

El grifo tomamuestras estará provisto de una válvula o tapón de cierre que permita la descarga del material dentro de los recipientes para muestreo. Se tomarán por lo menos tres muestras de 4 litros (1 galón) a intervalos uniformes durante el tiempo que dure la carga o descarga del material. Al final del período de carga o descarga, las muestras individuales de 4 litros (1 galón) se mezclarán totalmente sin alterar sus características, y del conjunto se tomará una muestra de 4 litros (1 galón).

- 10.2 Cuando la toma de muestras se efectúa en buques-tanque y barcazas de una capacidad inferior a 4000 m³ (1.06 x 10⁶ galón) se tomarán por lo menos cinco muestras de 4 litros (1 galón) a intervalos uniformes durante el tiempo que dure la carga o descarga. Para capacidades mayores de 4000 m³ se tomarán por lo menos diez muestras de 4 litros (1 galón) cada una. Al final del período de carga o descarga, las muestras individuales de 4 litros (1 galón) se mezclarán totalmente sin alterar sus características, y del conjunto se tomará una muestra de 4 litros (1 galón).

11. TOMA DE MUESTRAS DE CANECAS Y BARRILES

Las muestras de asfaltos líquidos se pueden tomar con precisión de canecas o barriles sacando 1 litro (1 cuarto de galón) de material de envases elegidos al azar, de acuerdo con la Sección 12.

12. TOMA DE MUESTRAS DE MATERIALES SEMISÓLIDOS O SÓLIDOS SIN MACHACAR.

Canecas, barriles y sacos – Cuando no exista duda de que el lote del material procede de una sola partida de producción, será elegido al azar un envase, del cual se tomará la muestra de la manera como se indica más adelante. Cuando haya dudas de si el lote del material procede o no de una sola partida, o cuando la muestra única no cumpla con los requisitos de las especificaciones al realizar los ensayos, se elegirán al azar un determinado número de envases, equivalente a la raíz cúbica del número de envases del lote. Para facilitar esta selección se da a continuación una tabla en la cual se indica el número de muestras que se deben elegir de un cargamento, de acuerdo con el número de envases que lo componen, como se indica en la Tabla 2.

Las muestras se tomarán al menos a 75 mm (3") por debajo de la superficie y a 75 mm (3") de las paredes del recipiente. Si el material es suficientemente duro para que se pueda fragmentar, se puede emplear una hachuela limpia y, si el material es blando, una espátula de hoja dura y ancha. Cuando se tomen muestras de más de un envase, cada una de ellas tendrá un peso mínimo de 100 g.

Tabla 2. Numero de muestras que se deben elegir de un cargamento

Número de Envases del cargamento	Número Envases elegidos
De 2 a 8	2
" 9 a 27	3
" 28 a 64	4
" 65 a 125	5
" 126 a 216	6
" 217 a 343	7
" 344 a 512	8
" 513 a 729	9
" 730 a 1000	10
" 1001 a 1331	11

Cuando no haya duda de que el material procede de una sola partida de producción, todas las muestras tomadas del lote se fundirán y se mezclarán bien, tomando de esta mezcla una muestra de material de 4 litros (1 galón) para realizar con ella los ensayos. En el caso de que haya material procedente de una sola partida o de que los lotes de las distintas partidas se puedan diferenciar claramente, se preparará una muestra compuesta de 1 galón de cada lote. Cuando no sea posible diferenciar los distintos lotes, cada muestra tomada se ensayará por separado.

13. TOMA DE MUESTRAS DE MATERIALES MACHACADOS EN FRAGMENTOS O EN POLVO

- 13.1 *Almacenamiento a granel* – Las muestras de materiales asfálticos sólidos machacados en fragmentos o en polvo, se tomarán de acuerdo con la norma ASTM D 346 sobre muestreo del carbón para su análisis. El peso bruto de la muestra será superior a 25 kg (50 lbs) de la cual se seleccionará una muestra de 1 a 2.0 kg (2 a 4 lbs) para su ensayo.
- 13.2 *Tambores, barriles, sacos* – Cuando el material se suministra envasado en tambores, barriles, sacos y bolsas, se elegirá al azar un número de muestras de ensayo conforme se describe en la Sección 12. Se tomará de la parte central de cada uno de los envases, una muestra con un peso mínimo de 0.5 kg (1.5 Lbs) formando con todas ellas una muestra compuesta con un peso superior a 25 kg (50 Lbs) de la cual, después de mezclarla bien, se seleccionará una muestra de 1 a 2 kg (2 a 4 Lbs) para su ensayo, de acuerdo con la norma ASTM D 346 ya mencionada.

14. TOMA DE MUESTRAS AL RECIBO DEL MATERIAL

- 14.1 La toma de muestras de los materiales asfálticos se hará tan pronto como sea posible, después que el material haya llegado al lugar de almacenamiento o durante su descarga.
- 14.2 Se tomará un número adecuado de muestras de cada partida de material asfáltico. En el caso de pequeñas partidas, como las provenientes de carrotanques, las muestras deben ser representativas de una cantidad máxima de 40 m³ (10000 galones) de material.
- 14.3 La toma de muestras se hará por cualquiera de los tres procedimientos siguientes:
 - 14.3.1 De acuerdo con lo descrito en la Sección 7.
 - 14.3.2 Por medio de una válvula tomamuestras o grifo acoplado en la tubería de descarga, extrayendo la muestra de, aproximadamente, el tercio medio de la capacidad del tanque.
 - 14.3.3 Por medio de un dispositivo tomamuestras introducido en el tanque, hasta un nivel de, aproximadamente, el tercio medio de su capacidad.
- 14.4 Los ensayos para la aceptación del material se deberán realizar sobre una de las muestras tomadas. Las muestras restantes se reservarán para el caso en que sea necesario comprobar los resultados obtenidos, porque la muestra ensayada no cumple con las especificaciones.

15. PRECAUCIONES

Debido a la diversidad de los tipos de materiales asfálticos que pueden ser suministrados y almacenados alternativamente en el mismo depósito o en similares, existe siempre el peligro de su contaminación con residuos de los mismos o con los disolventes de limpieza. También, se corre el riesgo de obtener muestras que no sean estrictamente representativas del material o que se contaminen después de obtenidas. Por lo tanto, es de incumbencia del personal que toma las muestras, adoptar las debidas precauciones para el muestreo y para la manipulación de estos materiales.

16. NORMAS DE REFERENCIA

ASTM	D - 140
AASHTO	T - 40
NLT	121

PUNTOS DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA CLEVELAND

I.N.V. E – 709 – 07

1. OBJETO

- 1.1 Este ensayo tiene por objeto determinar los puntos de ignición y de llama, mediante la copa abierta de Cleveland de productos de petróleo y de otros líquidos con excepción de los aceites combustibles y de los materiales que tienen un punto de ignición, en copa abierta de Cleveland por debajo de 79° C (175° F), empleando el equipo manual o el equipo automático
- 1.2 Esta norma se deberá emplear para medir y describir las propiedades de materiales, productos o sistemas, en respuesta al calor y a la llama bajo condiciones de laboratorio controladas y no se deberá considerar ni emplear para la descripción o para la apreciación de materiales, productos o sistemas, que presenten riesgo de incendio bajo condiciones reales.
- 1.3 Los valores dados en unidades SI, deben ser tomados como norma. Los valores en paréntesis son de información solamente.
- 1.4 Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial. Es responsabilidad del usuario, establecer las normas apropiadas con el fin de minimizar los riesgos en la salud e integridad física, que se puedan generar debidos a la ejecución de la presente norma y determinar las limitaciones que regulen su uso.

2. RESUMEN DEL MÉTODO

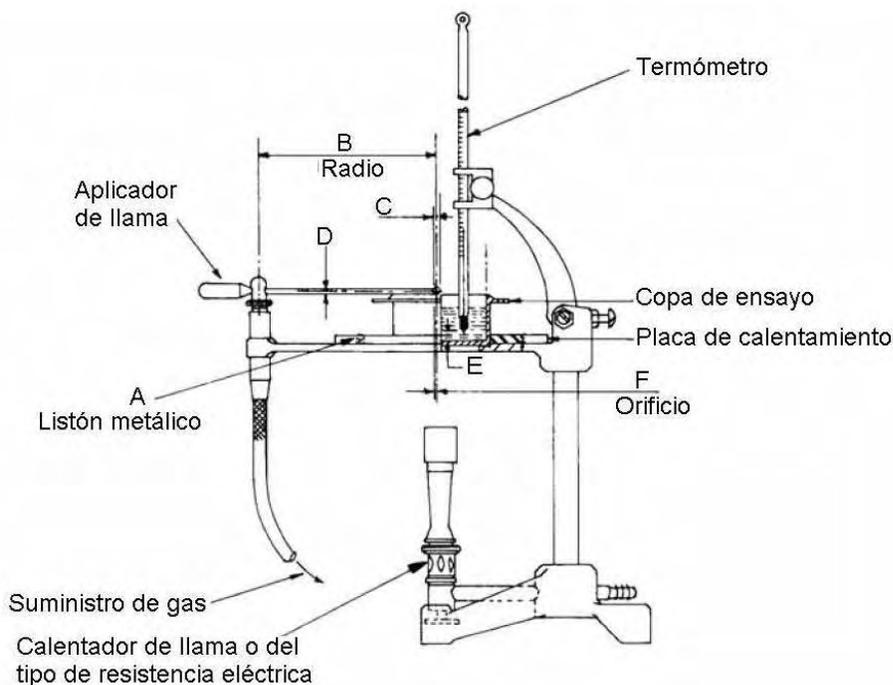
La copa del ensayo se llena con la muestra hasta un nivel especificado. Se aumenta rápidamente la temperatura inicial de la muestra y luego a una rata constante y lenta, a medida que se aproxima al punto de ignición. A intervalos de tiempo especificados se pasa una pequeña llama de ensayo a través de la copa. La temperatura más baja a la cual la aplicación de la llama de ensayo haga que se incendien los vapores que se encuentran por encima de la superficie del líquido, se toma como el punto de ignición. Para determinar el punto de llama, se continúa la aplicación de la llama de ensayo hasta cuando ésta haga que el aceite se quemé por lo menos durante 5 segundos.

3. EQUIPO

- 3.1 *Aparato de copa abierta Cleveland (de operación manual)* – Este aparato consta de la copa de ensayo, placa de calentamiento, aplicador de la llama,

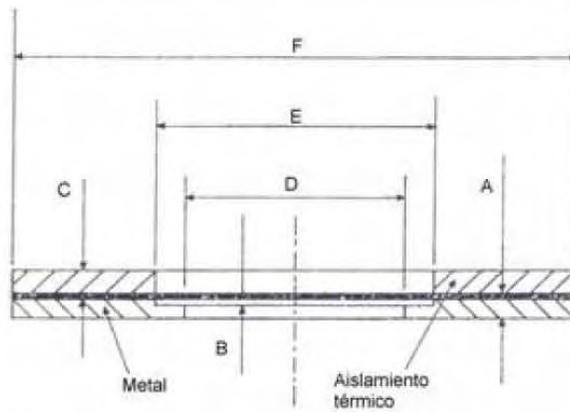
calentador y soportes. En las Figuras 1, 2 y 3, se ilustran el aparato ensamblado, la placa de calentamiento y la copa, respectivamente.

La copa de ensayo de latón o bronce deberá cumplir con las dimensiones de la Figura 3 y deberá tener un mango.



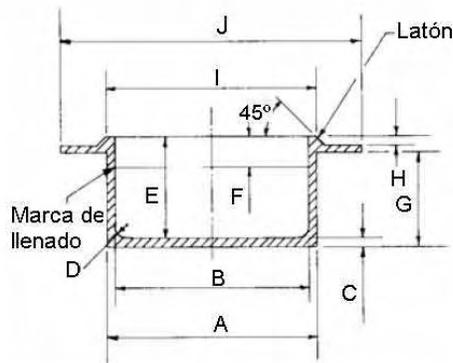
	milímetros		pulgadas	
	min.	max.	min.	max.
A Diámetro	3.8	5.4	0.15	0.21
B Radio	152	nominal	6	nominal
C Diámetro	1.6	5	0.06	0.2
D	5		0.2	
E	6.4 aprox.		0.25 aprox.	
F Diámetro	0.8	nominal	0.031	nominal

Figura 1. Aparato Cleveland de copa abierta



	milímetros		pulgadas		
	min.	max.	min.	max.	
A	6.4 nominal		0.25	nominal	
B	6.4 nominal		0.25	nominal	
C	6	7	0.236	0.276	
D	Diámetro	54.5	56.5	2.15	2.22
E	Diámetro	69.5	70.5	2.736	2.776
F	Diámetro	150 nominal	6	nominal	

Figura 2. Placa de calentamiento



	milímetros		pulgadas	
	min.	max.	min.	max.
	67.5	69	2.658	2.717
	62.5	64	2.480	2.520
	2.8	3.6	0.110	0.138
	4 aprox.		0.157	nominal
	32.5	34	1.280	1.339
	9	10	0.354	0.394
	31	32.5	1.221	1.280
	2.8	3.6	0.110	0.138
	67	70	2.638	2.756
	97	101	3.819	3.937

Figura 3. Copa abierta Cleveland

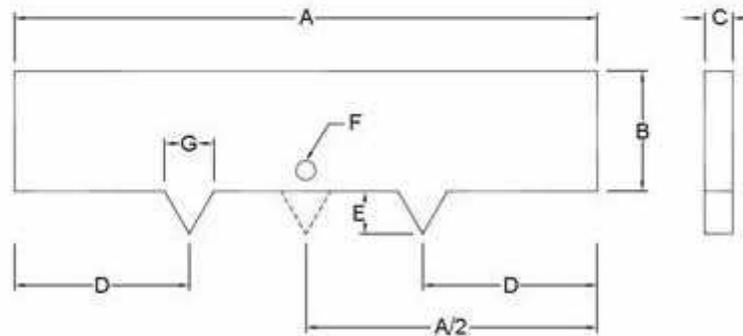


Figura 4. Medidor del nivel hasta donde queda lleno

- 3.2** *Aparato de copa abierta Cleveland (de operación automática)* – Este aparato es un instrumento de punto de ignición automático que se puede usar para el desarrollo del ensayo, según lo indicado en la Sección 7 de la presente norma de procedimiento. Este aparato puede ser usado en el ensayo de copa abierta de Cleveland de acuerdo a las dimensiones y especificaciones establecidas en la Sección 3. Estos equipos presentan ciertas ventajas en comparación con los equipos manuales, ya que ahorran tiempo de ejecución del ensayo, permiten el empleo de muestras más pequeñas entre otras ventajas que justifican su uso. Si se utilizan estos equipos el usuario debe asegurar que se cumplan todas las instrucciones del fabricante, en cuanto a la calibración, ajuste y operación de los mismos. En casos de disputa, el punto de ignición determinado manualmente se considera como el de referencia.
- 3.3** *Placa de calentamiento* – Se compondrá de dos platinas, una metálica, de bronce, hierro dulce o de acero, y la otra de asbesto duro. La platina metálica deberá tener un orificio en el centro y un área de depresión plana alrededor del orificio, a manera de escalón, en la cual se soporta la copa. La platina de asbesto también tendrá un orificio en el centro, pero de diámetro mayor, de tal forma que al colocarla sobre la platina metálica, no cubra el escalón de ésta. En la Figura 2 se muestran las dimensiones esenciales de la placa de calentamiento; sin embargo, puede ser cuadrada en lugar de redonda, y puede tener extensiones adecuadas para montar el dispositivo aplicador de la llama de ensayo y el soporte del termómetro. Como se menciona en la Sección siguiente, se puede montar una pequeña esfera metálica sobre la placa, de tal manera que sobresalga ligeramente por encima de la platina de asbesto.
- 3.4** *Aplicador de la llama de ensayo* – Deberá ser de cualquier diseño adecuado, pero la boquilla deberá ser de 1.6 ± 0.05 mm ($1/16$ ") de diámetro en el extremo y el orificio deberá tener un diámetro aproximado de 0.8 ± 0.05 mm ($1/32$ "). Deberá estar montado de tal forma que permita la repetición automática del barrido de la llama de ensayo sobre la muestra, el cual se puede hacer girando el orificio de la boquilla en un arco de circunferencia con un radio no menor de 150 mm (6"). El centro del orificio se moverá siempre en un plano horizontal que esté a no más de 2.5 mm (0.10") por encima de la copa. Es conveniente que se monte una pequeña esfera patrón que tenga un diámetro de 3.8 a 5.4 mm (0.15 a 0.21") en una posición tal que la llama pueda compararse con ésta.

- 3.5 *Calentador* – Puede ser sustituido por cualquier fuente conveniente, el uso de un quemador de gas o una lámpara de alcohol están permitidos, pero bajo ninguna circunstancia debe usarse una llama, para productos altamente combustibles. Es preferible que el calentador sea controlado por un transformador de voltaje variable; la fuente de calor será colocada en el centro bajo la abertura de la placa caliente evitando sobrecalentamientos locales. El calentador de llama se debe proteger de las corrientes excesivas de aire o de radiaciones a través de cualquier protector adecuado, por encima del nivel superficial más alto de la placa de calentamiento.
- 3.6 *Protector* – Se recomienda utilizar un protector (caja protectora) con base cuadrada de 460 mm (18") de lado por 610 mm (24") de altura y que tenga un frente abierto.
- 3.7 *Termómetro* – Un termómetro que tenga un rango de temperatura de -6° a $+400^{\circ}$ C (20° a 760° F) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM E-1, que correspondan a la referencia 11C, 28C o 11F o con las del IP para 28° C y 28° F. Se pueden emplear medidores eléctricos de temperatura tales como termocuplas o termómetros de resistencia.
- 3.8 *Mordaza de nivel de llenado* – Es un dispositivo que ayuda a proporcionar un ajuste de la muestra en el nivel marcado en la copa, puede ser fabricado con un metal apropiado de sección más pequeña, pero preferiblemente con dos niveles de ajuste de la muestra en el nivel de la copa de 9 a 10 mm (0.35 a 0.39") debajo del borde superior de la copa, un orificio de 0.8 mm (0.031") de diámetro, el cual es ubicado a no más de 2.5 mm (0.10") por encima del borde inferior de la mordaza, que a la vez puede ser usado para chequear la correcta posición en el orificio del aplicador de la flama con respecto al borde de la copa (ver Figura 4).

4. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

- 4.1 Se apoya el aparato de copa abierta de Cleveland sobre una mesa firme, a nivel, en un cuarto o compartimiento, libre de corrientes de aire. Se protege de la luz fuerte la parte superior del aparato, empleando cualquier medio adecuado para detectar fácilmente el punto de ignición. No son confiables aquellos ensayos efectuados en sitios donde existan corrientes de aire.

Nota 1.- Para algunas muestras cuyos vapores o productos de la pirólisis son objetables, es permisible colocar el aparato con un protector en una cámara aislante, cuyo escape debe ser ajustable de tal manera que se puedan extraer los vapores sin que se produzcan corrientes de aire sobre la copa de ensayo durante los últimos 56° C (100° F) de elevación de la temperatura, antes del punto de ignición.

- 4.2 Se lava la copa de ensayo con un disolvente apropiado para remover cualquier aceite, trazas de goma o residuo remanente de algún ensayo previo. Cualquier clase de residuo de carbón se deberá remover con una esponjilla metálica. Se lava ahora la copa con agua fría y se seca por unos pocos minutos sobre una llama abierta o sobre un calentador para remover los últimos restos de solvente

y agua. Antes de su empleo, se enfría la copa hasta por lo menos 56° C (100° F) por debajo del punto de ignición esperado.

- 4.3 Se sostiene el termómetro en una posición vertical, con su extremo inferior a 6.4 ± 0.1 mm ($1/4 \pm 1/50$ ") del fondo de la copa y localizado en un punto medio entre el centro y la pared de la misma, sobre el diámetro perpendicular al arco (o línea) de barrido de la llama de ensayo y del lado opuesto al brazo del aplicador de la misma.

Nota 2.- Cuando el termómetro esté en posición, la línea de inmersión grabada en él deberá estar 2 ± 0.1 mm ($5/64 \pm 1/50$ ") por debajo del nivel del borde de la copa. Igualmente en equipos automáticos, la posición del medidor de temperatura se hará automáticamente (refiérase al instructivo de instalación y operación del equipo).

5. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El operador deberá tomar las medidas de seguridad apropiadas durante el ensayo, sobretodo las primeras veces que se aplica la llama de ensayo, pues en tales ocasiones algunas muestras pueden producir llamas anormales.

6. REQUISITOS DE LA MUESTRA

- 6.1 Se obtendrá una muestra representativa según la norma INV E- 701, son requeridos mínimo 70 ml para cada determinación.
- 6.2 Cuando no se tienen precauciones para evitar la volatilización de la muestra, erróneamente se obtienen puntos de ignición altos. No se debe abrir innecesariamente el recipiente donde se guarda la muestra, ni se deben hacer trasferencias a menos que la temperatura de la muestra se encuentre a una temperatura inferior a los 56° C (100° F) anteriores al punto de ignición esperado. No se deben usar muestras que se encuentren en recipientes agrietados o permeables.
- 6.3 No se deben guardar muestras en recipientes plásticos (polietileno, polipropileno, etc), pues el material volátil se puede escapar por entre las juntas.
- 6.4 Se puede presentar alto contenido de hidrocarburos en forma de gases como el propano y el butano y muchos no son detectados en el ensayo debido a su evaporación durante el muestreo y colocación en la copa. Esto es evidenciado especialmente en residuos pesados de asfalto provenientes de procesos de extracción de solventes.
- 6.5 Muestras que contengan disolventes o agua libre pueden ser deshidratadas con clorhidrato de calcio o se pueden filtrar o colocar en un paño absorbente seco. Las muestras muy viscosas se pueden calentar hasta que sean razonablemente fluidas y posteriormente deben ser filtradas, pero no se deben calentar por periodos muy prolongados.

7. CALIBRACIÓN

- 7.1 Se ajusta el sistema de detección automático del punto de ignición, cuando éste sea utilizado según el instructivo de fabricación.
- 7.2 Se calibra el dispositivo de medición de temperatura, según el instructivo de fabricación.
- 7.3 Se verifica el funcionamiento del equipo manual o automático por lo menos una vez por año para determinar el punto de ignición y cuando sea razonable comprobar los rangos esperados en muestras de ensayo, según los certificados de referencia de las muestras patrón (CRM), como se describe a continuación.
- 7.3.1 *Certificado de referencia del material (CRM).* – El material es un hidrocarburo o cualquier derivado del petróleo estable y con 99% de pureza, al cual se le ha establecido previamente, a través de un método específico y con base en estudios desarrollados por la ASTM, el punto de ignición.
- 7.3.2 En la Tabla 1 se muestran los puntos de ignición corregidos por la presión barométrica, para la misma referencia de material, al igual que otros límites ya establecidos.

Tabla 1. – Valores típicos de punto de ignición y límites típicos para CRM

Hidrocarburos	Pureza	Punto de ignición (°C)	Límites (°C)
n- tetradecano	99 +	115.5	± 8.0
n-hexadecano	99 +	138.8	± 8.0

- 7.3.3 *Funcionamiento del equipo con un patrón secundario (SWS).*– Se debe determinar el punto de ignición con un patrón o muestra de referencia secundaria, el cual es un hidrocarburo cualquiera, derivado del petróleo, estable y con 99% de pureza, cuya composición conocida permanezca apreciablemente estable.
- 7.3.4 Se establece el promedio de las determinaciones del punto de ignición y los límites de control estadístico (3 veces la desviación estándar) para el SWS, según las técnicas estadísticas estandarizadas por la ASTM.

El material se deberá ensayar de acuerdo a los procedimientos establecidos en esta norma y se observará el punto de ignición obtenido (Secciones 8.1.9 o 8.2.4), que deberá ser corregido por la presión barométrica (Sección 9).

El punto de ignición obtenido debe estar dentro de los límites admisibles indicados en la Tabla 1 para el material identificado como CRM o dentro de los límites calculados para un material diferente del CRM.

- 7.4 Una vez ha sido verificado el funcionamiento de los aparatos, el punto de ignición de funcionamiento con un patrón secundario SWS se debe determinar

junto con los límites de control. Este material empleado como patrón secundario debe ser utilizado con frecuencia como chequeo de un adecuado funcionamiento de los equipos.

- 7.5 Cuando el punto de ignición obtenido no está dentro de los límites dados en las Secciones 7.3 y 7.4, se debe revisar la condición y operación del aparato de conformidad con los detalles descritos en la Sección 3, prestando especial atención a la posición del medidor de temperatura, a la aplicación de la llama y a la tasa de calentamiento. Después de ajustados los aparatos, se repite el proceso con un espécimen fresco, con especial precaución de los procedimientos detallados en la Sección 8.

8. PROCEDIMIENTO

8.1 *Empleando equipo manual*

- 8.1.1 Se llena la copa a cualquier temperatura (ver Nota 3) que no exceda de 56° C (100° F) por encima del punto de ignición esperado de la muestra de tal manera que la parte superior del menisco quede en la línea de llenado. Si se ha vertido demasiada muestra en la copa, se remueve el exceso empleando una pipeta u otro dispositivo apropiado; sin embargo, si hay muestra en la parte exterior del aparato, se vacía, se limpia y se vuelve a llenar. Se deshacen todas las burbujas de aire sobre la superficie de la muestra con un implemento puntiagudo u otro dispositivo apropiado, y se mantiene el nivel requerido de muestra para el ensayo. Si persiste espuma durante el final de esta fase del ensayo, se debe terminar el ensayo y desechar cualquier resultado (Nota 4).

Nota 3.- Las muestras viscosas se deberán calentar hasta que sean razonablemente fluidas antes de ser vertidas dentro de la copa. La temperatura durante el calentamiento, para asfaltos sólidos, no debe exceder de 56° C (100° F) por debajo del punto de ignición esperado. Cuando la muestra ha sido calentada por encima de esta temperatura, se deja enfriar hasta una temperatura inferior a los 56° C (100° F) antes de la transferencia.

Nota 4.- La copa para la muestra se deberá llenar lejos del resto del equipo, el cual debe estar previamente montado, con la copa en su sitio y el nivel de la muestra verificado. Una cuña de 6.4 mm (¼") de espesor es útil para obtener la corrección de la distancia entre el extremo inferior del termómetro y el fondo de la copa.

- 8.1.2 Se enciende la llama de ensayo y se ajusta a un diámetro entre 3.8 y 5.4 mm (0.15" a 0.21") (Nota 5)

Nota 5.- La presión de gas entregada por el equipo no debe exceder de 3 KPa. El operador debe tener cuidado cuando se utilice una llama de gas y evitar que los gases de la llama influyan en la ejecución del ensayo y así minimizar su influencia en los resultados. El operador puede realizar ejercicios adecuados e implementar acciones de seguridad durante la aplicación inicial de la llama, desde muestras que tengan bajo punto de ignición a otras que igualmente puedan presentar fuerzas anormales de ignición cuando la llama es aplicada en primera instancia. Las temperaturas alcanzadas durante el ensayo cercanas a los 400° C (752° F) son consideradas de alta peligrosidad y riesgo para la salud humana.

- 8.1.3 Se aplica calor inicialmente de tal manera que la tasa de incremento de temperatura de la muestra sea de 14° a 17° C (25° a 30° F) por minuto. Cuando la temperatura de la muestra sea de aproximadamente 56° C (100° F)

por debajo del punto de ignición esperado, se disminuye el calor de manera que la temperatura se aumente, para los últimos 28° C (50° F) antes de llegar al punto de ignición, en 5° a 6° C (9 a 11° F) por minuto.

- 8.1.4 Por lo menos a 28° C (50° F) bajo el punto de ignición, se empieza a aplicar la llama de ensayo, una vez por cada aumento de 2° C (5° F). Se pasa la llama de ensayo a través del centro de la copa, en ángulos rectos con el diámetro que pasa a través del termómetro, con un movimiento suave y continuo, bien sea en una línea recta o a lo largo del arco de una circunferencia que tenga un radio de al menos 150 ± 0.1 mm (6 ± 0.039"). El centro de la llama de prueba se debe mover en un plano horizontal que esté a no más de 2.5 mm (0.10") por encima del plano del borde superior de la copa, pasando primero en una dirección, y la siguiente vez en la dirección opuesta. El tiempo empleado para efectuar un barrido de la llama de ensayo a través de la copa deberá ser de alrededor de 1 ± 0.1 segundos. Durante los últimos 28° C (50° F) de aumento de temperatura antes del punto de ignición, se debe evitar la perturbación de los vapores en la copa de ensayo por movimientos repentinos o por respirar cerca de la copa.

Nota 6.- Si se formara una costra antes de alcanzar el punto de ignición o de llama, se la mueve cuidadosamente hacia un lado con una espátula pequeña o una varilla agitadora y se continúa el ensayo. Un método alternativo se puede implementar en este ensayo para evitar la formación de una costra, este se describe en el apéndice A.

- 8.1.5 Cuando persiste espuma encima del espécimen de ensayo durante los últimos 28° C (50° F), se eleva la temperatura sin sobrepasar la esperada para el punto de ignición, se termina el ensayo y omite cualquier resultado.
- 8.1.6 Se presta atención a todos los detalles relativos del ensayo de llama, tales como, tamaño de ésta, velocidad de incremento de la temperatura y de paso de la llama sobre el espécimen de ensayo, ya que estas observaciones son requeridas para proporcionar resultados adecuados.
- 8.1.7 Cuando se ensayen materiales donde la temperatura esperada de punto de ignición no se conozca, se debe llevar el material en la copa de ensayo a una temperatura no mayor a 50° C (122° F), o cuando el material lo requiera éste será calentado antes de colocarlo en la copa y posteriormente se llevará a esta temperatura.
- 8.1.8 Para determinar el punto de llama, se continúa calentando la muestra tal como se indica en la Sección 8.1.4, de tal manera, que la temperatura se aumente a una rata de 5° a 6° C (9° a 11° F) por minuto. Se continúa con la aplicación de la llama de ensayo a intervalos de 2° C (5° F) hasta que se obtenga el punto de ignición tal como se menciona en la Sección 8.1.4.
- 8.1.9 Se registra el punto de ignición observado, la lectura en el aparato de medida de temperatura y el tiempo del ensayo en el que se distingue una llama producida por la ignición en el interior de la copa.
- 8.1.10 Se considera que la muestra tiene ignición cuando una larga flama aparece instantáneamente y se propaga sobre toda la superficie del espécimen.

- 8.1.11 La aplicación de la llama puede causar un halo azulado o una flama abundante antes del verdadero punto de ignición, este no se considera como el verdadero punto de ignición, por lo tanto, debe ser ignorado.
- 8.1.12 Cuando el punto de ignición es detectado en la primera aplicación de la llama, el ensayo deberá ser interrumpido, los resultados serán descartados y se repetirá nuevamente el ensayo con una muestra fresca. La primera aplicación de la llama sobre la muestra fresca se deberá realizar a una temperatura menor a 28° C (50° F), de la hallada cuando el punto de ignición fue detectado en la primera aplicación.
- 8.1.13 Cuando los aparatos se hayan enfriado, se bajan y se calientan a una temperatura inferior a 60° C (140° F), se remueve la copa y se limpia al igual que el resto de accesorios, tal como se recomienda en el manual del usuario.
- 8.1.14 Para determinar el punto de llama, se continua calentando el espécimen, después de registrar el punto de ignición, con incrementos de temperatura a una rata de 5° a 6° C (9° a 11° F)/min, se continúa la aplicación de la llama a intervalos de 2° C (5° F), hasta que el espécimen se encienda y las sustancias permanezcan quemándose por lo menos durante 5 segundos. Se registra la temperatura de ensayo del espécimen, cuando la flama que cause la ignición sea aplicada. Se mantiene ardiendo el espécimen y se observa el punto de llama.

8.2 *Empleando equipo automático*

- 8.2.1 El equipo automático deberá ser capaz de desarrollar el procedimiento descrito en la Sección 8.1.1, incluyendo el control de la rata de calentamiento, la aplicación de la llama, la determinación del punto de ignición, o de llama o de ambos y registrarlos.
- 8.2.2 Se llena la copa con la muestra hasta que la cima del menisco quede exactamente en la línea de llenado y coloque la copa en el centro del horno o calentador. La temperatura de la copa y de la muestra de ensayo no excederá en 56° C (100° F) por debajo del punto de ignición esperado. Si se adiciona demasiada muestra a la copa, se debe remover el exceso usando una pipeta, se limpia la copa por fuera y se enrasa. Se eliminan las burbujas de aire que se forman en la superficie del espécimen con un implemento puntiagudo y se mantiene el nivel requerido en la copa. Si persiste la presencia de espuma durante el ensayo, se debe dar por terminado este proceso y se omiten los resultados.
- 8.2.3 Las muestras viscosas se deberán calentar hasta que sean razonablemente fluidas antes de ser vertidas dentro de la copa, sin embargo la temperatura de la muestra durante el calentamiento no excederá los 56° C (100° F) por debajo del punto de ignición, se continúa el procedimiento según lo descrito en la Sección 8.1.2
- 8.2.4 Se enciende el equipo automático, según el manual de instrucciones del usuario y se continúa con el proceso descrito en la Sección 8.1.14

9. CÁLCULOS

Si la presión barométrica real ambiente en el momento del ensayo difiere de 760 mm de mercurio (101.3 kPa), se debe hacer la corrección del punto de ignición y de llama de la siguiente forma:

$$\text{Corrección del punto de ignición} = C + 0.25 \times (101.3 - K)$$

$$\text{Corrección del punto de ignición} = F + 0.06 \times (760 - P)$$

$$\text{Corrección del punto de ignición} = C + 0.033 \times (760 - P)$$

donde:

C = punto de ignición observado en °C,

F = punto de ignición observado en °F,

P = presión barométrica ambiente en mm de mercurio, y

K = presión barométrica en KPa.

10. INFORME

Se informa el punto de ignición o de llama corregido, o ambos, como el Punto de Ignición o de Llama mediante la Copa Abierta Cleveland, o ambos con precisión de 1° C (2° F).

11. PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

Los siguientes datos deberán emplearse para juzgar la aceptabilidad de resultados (95% de confianza).

- 11.1 Resultados duplicados por el mismo operador deberán considerarse sospechosos si difieren en más de las siguientes cantidades:

Punto de ignición 8° C (15° F)

Punto de llama 8° C (15° F)

- 11.2 Resultados suministrados por Laboratorios distintos deberán considerarse sospechosos si difieren en más de las siguientes cantidades:

Punto de ignición 18° C (32° F)

Punto de llama 14° C (25° F)

- 11.3 La precisión para muestras de asfalto su superficie ha formado costra y esta se ha removido, no ha sido establecida.

- 11.4 La precisión para muestras de asfalto en las cuales se utiliza el procedimiento del apéndice A, no ha sido establecida.

- 11.5 Los análisis estadísticos de los datos, no presentan una diferencia significativa entre los resultados para distintos laboratorios ya sea usando el equipo manual o el automático para las muestras estudiadas, excepto para muestras de aceites lubricantes de multiviscosidad o aceites minerales blancos. En el caso de presentarse incertidumbre sobre resultados entre determinaciones con equipo manual o equipo automático, se tomara como referencia el resultado arrojado por determinación manual.

12. NORMAS DE REFERENCIA

AASHTO	T 48 – 04
ASTM	D 92 – 02b

APENDICE A

TÉCNICA PARA PREVENIR LA FORMACIÓN DE COSTRA EN ASFALTOS EN EL DESARROLLO DEL ENSAYO DE PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND.

A.1 MATERIALES

- A.1.1 *Filtro de papel* – No. 47 o su equivalente de 7.5 cm de diámetro.
- A.1.2 *Anillo de restricción de tensión* – Debe ser de alambre metálico, de forma circular, pero con dobleces interiores rectos de longitud 15 mm y paralelos uno a otro como lo muestra la Figura A-1. Las dimensiones son: alambre metálico de 2 mm de espesor, de 62 a 63 mm de diámetro exterior con recodos separados y segmentos rectos de 15 mm de longitud desde el inicio de la circunferencia del anillo. La longitud total del anillo es de 210 mm.
- A.1.3 *Taladro o punzón* – Capaz de perforar en el centro del papel filtro un agujero de 6 mm de diámetro.

A.2 PROCEDIMIENTO

- A.2.1 Se determina el centro del papel filtro mediante una regla; con el taladro o punzón se perfora un orificio de 6 mm de diámetro.
- A.2.2 Se doblan los bordes del papel filtro, cerca de 6 mm por todo su alrededor y se lo coloca en la base de la copa de Cleveland del ensayo de punto de ignición, con los 6 mm de los bordes doblados hacia arriba.

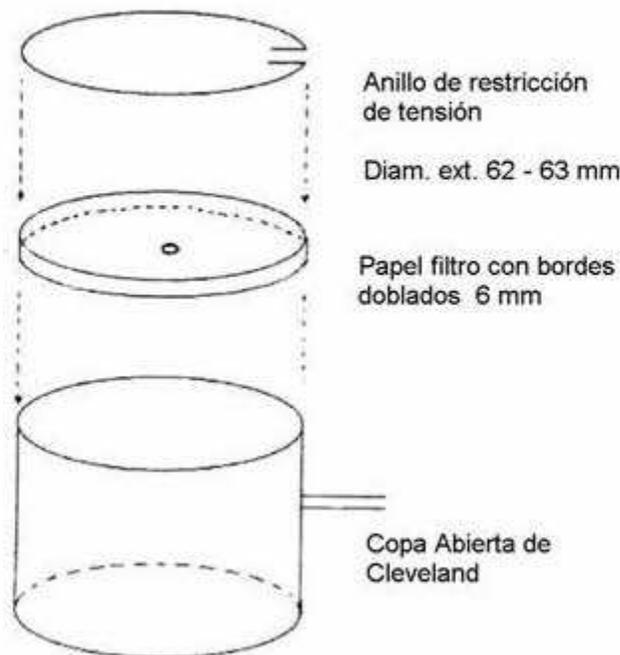


Figura A-1. Técnica para prevenir la formación de costra en asfaltos en el desarrollo del ensayo de punto de ignición según el método de la ASTM D-92

- A.2.3** Se coloca el anillo de restricción de tensión sobre la parte curvada del papel filtro en la base de la copa (el anillo de tensión previene que el papel filtro se mueva hacia arriba durante el ensayo).
- A.2.4** Se llena la copa con la muestra, hasta 4 a 5 mm por debajo de la marca de llenado (esto es compensado por la muestra que es absorbida por el papel filtro, cuando éste es extraído durante el ensayo). Se debe tener en cuenta la siguiente precaución: El llenado hasta la línea marcada puede producir resultados prematuros en la determinación del punto de ignición.
- A.2.5** Se inicia el ensayo, usando ya sea un aparato manual o uno automático y, se determina el punto de ignición.
- A.2.6** Se reporta el punto de ignición corregido por la presión barométrica con aproximación a 1° C.

Nota A.1 - El uso de esta técnica alternativa puede causar burbujeo en algunas muestras y este a su vez puede interferir con la detección del punto de ignición en un aparato automático, y así mismo puede causar una baja rata de calentamiento en la misma muestra

ANEXO B.

Manual de funcionamiento de la planta de asfalto Barber Green Ka 40 de Bachada de TRAE Ltda.

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE ASFALTO BARBER GREEN KA 40 DE BACHADA DE TRAE Ltda.

DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ASFALTO

La planta de asfalto es un conjunto de elementos que sirven para producir mezcla asfáltica, mediante el mezclado de materiales pétreos y asfalto.

La planta está compuesta de las siguientes partes:

- Caldera de Aceite térmico
- Tubería de conducción del Aceite térmico
- Tanques de almacenamiento del Asfalto 70-90
- Tubería de conducción del Asfalto 70-90
- Filtro para el Asfalto 70-90
- Bomba para el asfalto 70-0
- Tres tolvas para almacenar materiales de diferente granulometría (tamaño)
- Banda transportadora de materiales pétreos en frío debajo de las tolvas.
- Banda transportadora aérea de materiales pétreos en frío, une las tolvas con el secador.
- Secador de materiales pétreos
- Elevador de materiales pétreos en caliente (de Cangilones)
- Mezclador de material en caliente y asfalto caliente
- Tablero Eléctrico de control de la planta de asfalto
- Tanque de almacenamiento de ACPM
- Surtidor para control de Combustible (ACPM)
- Planta eléctrica.
- Tanques de almacenamiento de emulsión.

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE ASFALTO BARBER GREEN KA 40 DE BACHADA DE TRAE Ltda.

DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ASFALTO

La planta de asfalto es un conjunto de elementos que sirven para producir mezcla asfáltica, mediante el mezclado de materiales pétreos y asfalto.

La planta está compuesta de las siguientes partes:

- Caldera de Aceite térmico
- Tubería de conducción del Aceite térmico
- Tanques de almacenamiento del Asfalto 70-90
- Tubería de conducción del Asfalto 70-90
- Filtro para el Asfalto 70-90
- Bomba para el asfalto 70-0
- Tres tolvas para almacenar materiales de diferente granulometría (tamaño)
- Banda transportadora de materiales pétreos en frío debajo de las tolvas.
- Banda transportadora aérea de materiales pétreos en frío, une las tolvas con el secador.
- Secador de materiales pétreos
- Elevador de materiales pétreos en caliente (de Cangilones)
- Mezclador de material en caliente y asfalto caliente
- Tablero Eléctrico de control de la planta de asfalto
- Tanque de almacenamiento de ACPM
- Surtidor para control de Combustible (ACPM)
- Planta eléctrica.
- Tanques de almacenamiento de emulsión.

FUNCIONAMIENTO DE CADA PARTE DE LA PLANTA DE ASFALTO

CALDERA DE ACEITE TÉRMICO

La caldera consta de un tanque de almacenamiento de aceite térmico, un quemador de ACPM, una bomba de alta temperatura, un motor eléctrico para mover la bomba y tablero de control eléctrico.

La función de la caldera es calentar el aceite Térmico hasta una temperatura de 200°C, mediante la bomba de alta temperatura se hace circular el aceite caliente por la tubería que conduce por un serpentín dentro de los tanque de almacenamiento de asfalto 70-90 o 80 – 100 y al mismo tiempo circula por la parte externa de la tubería de asfalto para darle la temperatura deseada (tubería enchaquetada).

Para iniciar el encendido de la caldera se debe seguir los siguientes pasos:

1. Revisar el nivel de aceite térmico, este debe estar en el nivel máximo, si está bajo se debe completar.
2. En el tablero de control de la caldera oprimir el botón negro de encendido de la bomba de alta temperatura.
3. Abrir la llave de paso de combustible que va al quemador.
4. Subir la palanca lado izquierdo en el surtidor para iniciar la entrega de combustible al quemador.
5. El consumo de combustible es de 3 galones hora cuando se inicia a calentar el aceite térmico hasta alcanzar los 200°C, luego se disminuye a 1.5 galones hora cuando la temperatura está sostenida.

6. En el tablero de control de la caldera oprimir el botón negro de encendido del quemador. Debe aparecer por el visor la llama dentro de la Caldera.

7. El quemador estará prendido hasta alcanzar 200°C y automáticamente se apagará, al bajar la temperatura 2°C el quemador automáticamente se encenderá, este proceso se repite indefinidamente hasta alcanzar la temperatura deseada en los tanques de almacenamiento de asfalto 70-90.

Nota: cuando el termómetro de los tanques de asfalto se encuentra muy frío (40 a 60°C) la caldera debe permanecer encendida entre 14 a 16 horas, para alcanzar los 130°C, cuando el asfalto se encuentra entre 90 y 100°C la caldera debe permanecer encendida entre 3 y 4 horas para alcanzar los 130°C.

Entre mayor temperatura tenga el asfalto en los tanques de almacenamiento, se homogeniza mejor los agregados pétreos con el asfalto 70-90 en el mezclador, entregando un producto de buena calidad.

TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE ACEITE TÉRMICO

Esta tubería conduce el aceite térmico de la caldera a los tanque de almacenamiento de asfalto 70-90, la tubería se encuentra recubierta con fibra de vidrio y lámina para que no haya pérdida de temperatura en el transporte del aceite. Ver gráfico No. 1

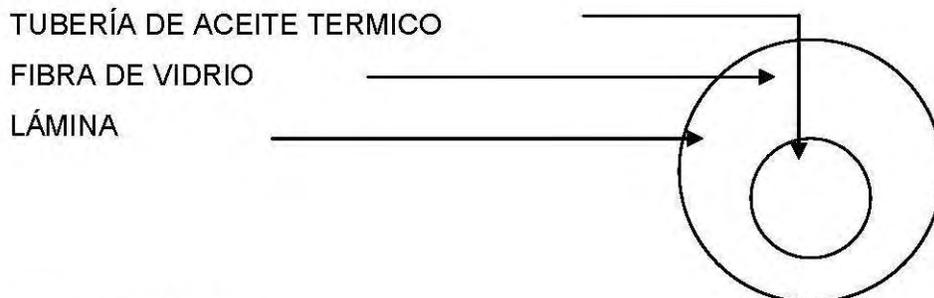


GRAFICO No. 1

La tubería de asfalto está cubierta por otra tubería de aceite térmico, la función del aceite es mantener el asfalto 70-90 dentro de la tubería a una temperatura óptima para el bombeo (110 a 130°C) y a su vez la tubería de aceite esta recubierta de fibra de vidrio y lámina para que no haya perdida de temperatura. Ver gráfico No.2

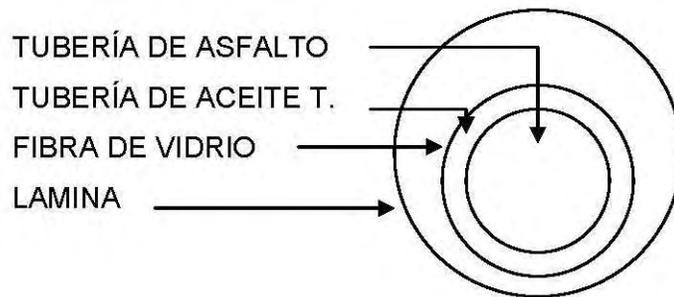


GRAFICO No.2

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ASFALTO 70-90

Se tienen dos tanques de almacenamiento de asfalto 70-90, uno de 11.000 galones y uno de 7000 galones los tanques son recubiertos con fibra de vidrio y lamina para conservar la temperatura del asfalto.

Los tanques tienen una tubería en forma de serpentín por donde circula el aceite térmico, cuando la caldera se prende, el aceite se calienta y comienza a circular por la tubería de conducción y entra a los tanques por el serpentín. Por transmisión de calor el asfalto comienza a calentarse hasta llegar a la temperatura ideal de 130°C, dicha temperatura se controla con un Termómetro que se encuentra en la parte posterior de los tanques.

Los tanques se pueden calentar independientemente con el manejo de las llaves de paso que tiene cada tanque en la entrada y salida de la tubería de aceite térmico.

Los tanques tienen una tabla de medida con la cual se puede controlar el volumen de asfalto en cualquier momento.

Las partes del tanque son:

1. Serpentín de calentamiento.
2. Dos bocas para descarga y control diario del volumen de asfalto.
3. Llave No. 1 salida de asfalto del tanque
4. 2 llaves de paso para entrada y salida de aceite térmico a los serpentines del tanque.
5. 1 reloj para control de temperatura.

TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE ASFALTO 70-90, FILTRO Y BOMBA.

Como se indica en el gráfico No.2, la tubería es recubierta, tiene un recorrido de los tanques de asfalto 70-90 al mezclador y además tiene una tubería de retorno a los tanques de almacenamiento. Dicho retorno se maneja con la llave de paso No.3

Esta tubería es la encargada de transportar el asfalto, dicho transporte se realiza gracias a la bomba de piñones, dentro de la tubería se encuentra el filtro para retener los sobre tamaños y el mugre.

Con la llave de asfalto No.4 se realiza la descarga de asfalto a los tambores o al carro irrigador para imprimaciones y liga.

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE MATERIAL EN FRIO

Se dispone de tres tolvas, se puede utilizar cada tolva para colocar materiales diferentes, por el tipo de granulometría solo estamos utilizando dos tolvas, uno para material grueso y otra para material fino.

El control del material se hace por volumen, debajo de cada tolva se tiene una compuerta la cual se puede subir o bajar según la dosificación que de el laboratorio.

Cuando el material está húmedo se debe colocar un obrero para que este chuzando con una varilla para evitar que se tapone la boca de salida.

Las tolvas tienen una carpa la cual debe ser colocada después de cada producción para evitar que el material que queda almacenado se humedezca.

BANDA TRANSPORTADORA DE MATERIALES EN FRÍO DEBAJO DE LAS TOLVAS

La banda transportadora es la que recolecta el material de las tolvas, el control de velocidad de ésta banda se realiza con el variador de las tolvas, como se explica en el proceso de encendido de la planta de asfalto. Tiene un motor eléctrico con un reductor que por medio de cadenas y piñones hace mover las bandas.

BANDA TRANSPORTADORA AÉREA DE MATERIALES EN FRÍO

La banda transportadora en la que lleva el material entre la banda de las tolvas y el secador, es de velocidad constante, se prende desde el tablero eléctrico oprimiendo el botón negro de transportador. Tiene un motor eléctrico con un reductor que por medio de una cadena y dos piñones hace mover la banda.

TAMBOR SECADOR DE MATERIALES

El tambor secador es un cilindro metálico que tiene unas paletas en la parte interior y realiza el secado por la rotación que le imprime un motor eléctrico en la parte exterior. El tambor secador está soportado por cuatro rodillos, dos de los cuales tienen un eje que está acoplado mediante correas y dos poleas al motor principal de 60 HP. La velocidad de giro del tambor secador debe ser de 4.80 segundos por vuelta.

Dentro del conjunto del secador está el extractor de finos que es un ventilador de 120 cm de diámetro, que conectado a un motor de 25 HP mediante correas y poleas lo hace girar para sacar el polvo que sobra de la mezcla asfáltica. Conectado al mismo eje del ventilador

mediante poleas y correas esta el ventilador que le inyecta aire a presión al quemador principal para la combustión del ACPM.

El quemador de ACPM esta ubicado en la parte baja del tambor secador, tiene dos boquillas de aspersión las cuales inyectan el ACPM a presión con la bomba Viking dentro del tambor secador y con la presencia de llama produce el secado del material. El consumo promedio es de 70 galones hora.

La temperatura de secado del material oscila entre 140 y 170°C y se controla con un termómetro a la salida del tambor secador, a mayor temperatura la mezcla asfáltica sale mejor mezclada. La temperatura también depende de la distancia a la que se va a enviar la mezcla asfáltica.

En la parte externa se tiene una bomba de ACPM Viking la cual inyecta el combustible a presión a las boquillas del secador, la presión de inyección debe marcar en el reloj 50 psi. Si la presión esta baja se debe limpiar los filtros en el surtidor, si continua la presión baja cambiar el filtro por uno nuevo.

ELEVADOR DE MATERIALES PÉTROS EN CALIENTE (CANGILONES)

Este elevador consta de una cadena central en la que lleva atornillado los baldes o cangilones, los cuales se encargan de subir el material caliente al mezclador. El elevador de cangilones funciona con un motor externo de 60 HP que poleas y correas hace girar un volante de 80 cm de diámetro y mediante un cardán y un convertidor hacen mover un piñón el cual mueve una cadena y lo hace rotar a velocidad constante.

El elevador en la parte alta tiene un vertedero que deposita el material directamente en la parte inicial del mezclador.

MEZCLADOR DE MATERIAL CALIENTE Y ASFALTO CALIENTE

En esta parte se realiza el mezclado final de los materiales calientes, mediante dos ejes que giran en sentido contrario, en los cuales tienen brazos con paletas metálicas van mezclando el material desde la parte derecha hacia la parte izquierda. Al llegar a la parte final de los brazos de mezclado se encuentra un silo pequeño de 0.25 m³ el cual se encuentra listo para el vaciado a la volqueta.

En la parte externa del mezclador parte izquierda tiene una palanca que indica el nivel de mezcla en el silo. Al llegar al tope máximo se debe abrir las compuertas las cuales se accionan con una válvula repartidora que mueve un gato que acciona a apertura y cierre de la compuerta.

TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DE LA PLANTA DE ASFALTO

En este tablero se encuentran todos los controles eléctricos, tales como contactores, releé térmicos, transformadores, pulsadores, señales de luz, temporizadores y las cuchillas de corte de energía para cada motor.

En la parte externa lateralmente se encuentran los variadores de las tolvas y de la bomba de asfalto. En la parte externa al frente se encuentra los botones de encendido y apagado de todos los motores, como la llave de encendido de todo el tablero.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACPM

En este tanque de 6000 galones se almacena el ACPM que se utiliza para los quemadores de la caldera y del tambor secador, se tiene el tanque calibrado para tener mediante medida el volumen real en cualquier momento, además se tiene una manguera externa que indica el nivel de ACPM en el tanque.

En la parte superior tiene tres tapones para descarga de combustible y un tubo de respiración de gases. Además en la parte inferior tiene un tapón para limpieza y drenaje, en la parte inferior delantera se encuentra el tubo de salida al surtidor que se controla con una llave de paso de 2" tipo cortina.

SURTIDOR PARA CONTROL DE COMBUSTIBLE (ACPM)

El surtidor de combustible tiene dos salidas, por el lado izquierdo se controla la salida de combustible para la caldera y para el secador, por el lado derecho se controla el combustible que se tanque al cargador, planta eléctrica y a las volquetas.

Cada lado de la salida de combustible tiene un filtro el cual debe limpiarse con frecuencia y cambiar según el volumen de ACPM despachado. En la parte interna del surtidor tiene un filtro de malla el cual debe limpiarse cada vez que se saca mezcla asfáltica.

PLANTA ELÉCTRICA

La planta eléctrica controla todos los motores de la planta de asfalto, además maneja alternativamente la caldera. La planta produce un voltaje de 440 voltios.

En el tablero principal de la planta eléctrica tiene los relojes de control de voltaje, amperaje y frecuencia. Las lecturas después que se prende la planta eléctrica en los relojes deben ser: voltaje 440 voltios, frecuencia 60 Hertz, y el amperaje es de cero. También se encuentra el botón de encendido y arranque.

El contactor de salida controla la salida de corriente al tablero principal de la planta de asfalto, al prenderse la planta eléctrica tiene que estar en OFF, y una vez prendida se sube a ON.

La planta eléctrica tiene una tarjeta electrónica que regula la frecuencia y el voltaje.

Se debe controlar el nivel de aceite, agua y filtro de aire.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE EMULSIÓN

El sistema de almacenamiento consta de dos tanques, uno de 5000 galones y otro de 2600 galones, se los está utilizando para almacenar emulsión asfáltica tipo CRL-1.

ENCENDIDO PLANTA ELÉCTRICA

1. Revisar el nivel de agua, en caso de que falte se debe completar hasta su nivel óptimo.(Revisión diaria)
2. Revisar el nivel de aceite de motor, en caso de que falte se debe completar hasta el nivel máximo de la varilla de medida. (Revisión diaria)
3. Revisar el marcador de filtro de aire para ver si esta obstruido debe estar en color verde, si está en color rojo se debe cambiar el filtro de aire. (revisión diaria y cambio de filtro de aire cada dos meses o cuando el marcador se coloque en rojo).
4. Poner en el punto tres la cuchilla conmutable de luz publica y planta eléctrica.
5. Colocar el botón de encendido en arranque (planta eléctrica).
6. Dar arranque a la planta eléctrica.
7. Acelerar manualmente hasta alcanzar la frecuencia de 60HZ, en caso que la frecuencia no este exacta.

8. Revisar el voltaje de las tres fases con la perilla de voltaje, “ debe estar marcando cada fase 440 voltios”
9. Subir el contactor a la posición ON “encendido”

ENCENDIDO PLANTA DE ASFALTO

Para poder encender la planta de asfalto el asfalto debe estar a más de 110°C

1. Colocar la llave en el tablero eléctrico y girar la llave al lado izquierdo en posición ON.
2. Encender la bomba de asfalto “oprimir el botón verde”
3. En el variador de asfalto oprimir la tecla “P”, luego oprimir la tecla “Δ” hasta que aparezca en pantalla el número 12, volver a oprimir la tecla “P”, de acuerdo al número que aparezca en pantalla oprimir las teclas “Δ o ∇” hasta que aparezca el valor de 6.3 en pantalla.
4. En el variador oprimir la tecla “Verde” de encendido.
5. Ver el giro de la bomba si esta en sentido correcto “parado al frente de la bomba debe girar en sentido anti-horario, si está girando en sentido horario, se debe oprimir en el variador la tecla “↔” para que cambie de sentido.
6. Se debe chequear que la velocidad de giro de la bomba sea de: por cada 10 vueltas debe estar entre 18 y 20 segundos.
7. Abrir la llave de paso “No.3” de asfalto que va para la boquilla del mezclador, revisar que la inyección sea uniforme, luego se debe cerrar la llave de paso “No.3”.
8. En el tablero eléctrico oprimir el botón negro del mezclador, esperar 15 segundos para que realice el cambio triangulo estrella.

9. Probar la apertura y cerrada de las compuertas del mezclador, dejar en posición de abierto.
10. En el tablero eléctrico oprimir el botón negro del Ventilador.
11. En el tablero eléctrico oprimir el botón negro del Secador
12. En el tablero eléctrico oprimir el botón negro del Transportador aéreo
13. Encender la zaranda vibratoria
14. Abrir las llaves de paso del combustible que llega y sale a la bomba Viking.
15. Encender el mechero de gas para prender el Secador.
16. Encender la bomba de ACPM Viking "para encender oprimir el botón verde".
17. Dejar que el quemador funcione 30 segundos para que caliente el Secador.
18. En el tablero eléctrico oprimir el botón negro de las Tolvas.
19. En el Variador de las tolvas revisar la velocidad de la banda transportadora, debe estar entre 12 y 16. (la velocidad depende de la humedad del material, si el material está muy húmedo la velocidad debe estar entre 12 y 13 , si el material esta bien seco la velocidad debe estar entre 15 y 16, esta velocidad se chequea con la temperatura del material al salir del secador que debe estar entre 150 y 160°C).
20. Después de tres minutos de darle arranque a las tolvas el material comienza a salir en volumen completo por el mezclador, y se puede abrir la llave de asfalto "No.3".
21. Colocar el Balde del Cargador de llantas debajo del mezclador, hasta que salga el material con asfalto, debe salir todo pintado.
22. Cerrar las compuertas del mezclador para iniciar el llenado de las Volquetas.

23. Dejar llenar el silo de la mezcla asfáltica hasta que el marcador llegue a lleno.
24. Tener en cuenta lo siguiente: para llenar una volqueta de 5 m³ se deben echar 20 bachadas a la volqueta, para 6 m³ 24 bachadas, para 7 m³ 28 bachadas, para 10 m³ 40 bachadas, (cada bachada cúbica 0.25 m³, por lo tanto 4 bachadas son 1 m³).
25. Cuando se vaya a terminar el llenado de la última volqueta, faltando dos bachadas se debe oprimir en el tablero eléctrico el botón rojo de las tolvas para que suspenda la alimentación de material en frío.
26. Apagar la zaranda vibratoria.
27. Luego de vaciar la última bachada se debe apagar la bomba de combustible Viking para apagar el quemador del secador y cerrar las dos llaves de paso de combustible.
28. Descargada la última bachada se debe cerrar la llave de asfalto No.3
29. Colocar el balde del cargador debajo del mezclador para recibir el material que sobra.
30. Cuando ya no caiga material al balde del cargador se puede apagar el secador en el tablero eléctrico oprimiendo el botón negro del Secador.
31. En el tablero eléctrico apagar el ventilador oprimiendo el botón negro de ventilador
32. En el tablero eléctrico apagar el transportador aéreo oprimiendo el botón negro de transportador.
33. Dejar girar el mezclador mientras se le realiza limpieza, luego oprimir el botón negro del mezclador para apagarlo.
34. En el variador de asfalto oprimir la tecla roja para parar la bomba de asfalto.
35. Oprimir el botón rojo en el apagador del Variador.

36. Colocar la llave del tablero eléctrico en posición apagado y retirar la llave.
37. Apagar la planta eléctrica.
38. Realizar limpieza y mantenimiento general a la planta. (ver capítulo de mantenimiento general)

CONTROL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN PLANTA

1. Con la primera Bachada revisar si el material está bien pintado o está pasada de asfalto. Si el material está pasada de asfalto en el variador de asfalto con la tecla “∇” bajar los puntos que sean necesarios hasta que la mezcla salga buena, si está falta de asfalto en el variador de asfalto oprimir la tecla “Δ” subir los puntos que sean necesarios hasta que la mezcla salga buena.
2. Controlar la temperatura de la mezcla asfáltica, debe estar entre 130 y 150 °C, si la temperatura está muy baja se debe girar la perilla de control de velocidad en el variador de las tolvas en sentido anti horario y bajar 0.5 puntos hasta que la temperatura entre dentro de los parámetros. Si la temperatura es muy alta debe girar la perilla de control de velocidad en el variador de las tolvas en sentido horario y subir 0.5 puntos hasta que la temperatura entre dentro de los parámetros La temperatura también depende de la distancia a la que se va a despachar la mezcla, a mayor distancia mayor temperatura, a menor distancia menor temperatura.
3. La mezcla asfáltica al ser cogida con la mano debe pintar levemente los dedos, de lo contrario realizar las correcciones del paso 1 de control de mezcla asfáltica en planta.
4. Sacar una muestra de unos 5000 gramos para que en el laboratorio saquen el porcentaje de asfalto real, la granulometría de la mezcla asfáltica y las briquetas para hacer las briquetas donde se saca la estabilidad y el flujo de la mezcla.

MANTENIMIENTO PLANTA DE ASFALTO Y PLANTA ELECTRICA

CALDERA DE ACEITE TERMICO

La parte más importante en la caldera es el control del aceite térmico, ya que se debe controlar el nivel que siempre esté en máximo. El aceite térmico que se está utilizando es MOBIL TERM. Se debe cambiar cada 8000 horas de trabajo o dos años ya que pierde las propiedades térmicas.

El quemador de la caldera tiene partes eléctricas y mecánicas que se deben revisar periódicamente.

- La foto celda se debe limpiar diariamente para que realice la lectura de encendido de llama.
- El transformador de alto voltaje (10.000 voltios), se le deben limpiar los cables y los terminales para que tenga buen contacto y no se pierda la corriente. Limpieza semanal.
- Los electrodos son los que producen la chispa para el encendido de la llama, se debe chequear su apertura de 2 cm y revisar que no estén carbonados. Esta limpieza se debe hacer diariamente.
- El tablero eléctrico de control de toda la caldera debe ser revisada mensualmente para evitar pérdidas de corriente y garantizar que todas las partes funcionen normalmente.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y TUBERÍAS EN GENERAL

El mantenimiento es mínimo ya que lo único que se debe controlar es las fugas de asfalto, ACPM y aceite térmico, en caso de presentarse fugas se debe apretar tornillería y en algunos casos cambiar por nuevos, puede que se encuentren dañados los empaques de acople los cuales se deben cambiar (papel plomaginado).

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO MATERIAL EN FRIO Y TRANSPORTADOR AEREO

La estructura de las tolvas son metálicas, revisar periódicamente si existen fisuras las cuales deben ser reparadas inmediatamente. Las bandas transportadoras esta girando por rodillos que tienen balineras las cuales se deben engrasar pasando un día cuando se saca producción. Además se deben engrasar las cadenas semanalmente. Se debe revisar semanalmente el nivel de aceite de los convertidores que mueven las bandas.

Revisar diariamente que las bandas transportadoras no tengan rasgaduras, que en caso de aparecer se deben reparar de inmediato con los caimanes. Las bandas deben estar alineadas para que no sufran rasgaduras lateralmente, con los tensores laterales se debe corregir cualquier anomalía.

TAMBOR SECADOR DE MATERIAL

Revisar diariamente rodamientos, los cuales se deben engrasar después de cada producción. Se debe revisar diariamente la tornillería y apretarse para evitar daños mayores. Revisar tensión de todas las correas para evitar un desgaste prematuro.

El tambor secador está soportado por cuatro rodillos metálicos, estos deben estar alineados para evitar que la cinta sufra desgaste. Diariamente se debe revisar que no presente fisuras ni daños en la lámina, las cuales deben ser reparadas inmediatamente.

Revisar semanalmente el nivel de aceite del convertidor.

ELEVADOR DE MATERIALES EN CALIENTE (CANGILONES).

Se debe revisar diariamente las balineras, las cuales se deben engrasar. Se debe engrasar semanalmente la cada externa. Revisar diariamente los cangilones para ver si están torcidos o se aflojaron los tornillos que los sostienen con la cadena.

En la parte de descarga por la caída de material produce desgaste en la lámina, por eso se le coloca una protección de lona para evitar daños, se debe revisar semanalmente si esta lona se encuentra en buen estado o de lo contrario se debe cambiar por una nueva.

Revisar semanalmente el nivel de aceite del convertidor. Engrasar semanalmente las crucetas del cardán que mueve el convertidor.

MEZCLADOR DE MATERIALES Y ASFALTO EN CALIENTE

Se debe realizar limpieza diaria cuando haya producción, revisar los brazos y paletas para ver si tienen desgaste o están flojos.



GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA
COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD
Reporte de resultados de ensayo de laboratorio

11/06/2011 10:44:04 AM

Producto: ASFALTO 60/70
Número de muestra: 203.021.972
Fecha de Vo.Bo: 09-06-2011 21:08:15
Almacenamiento: K0200

Vo Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
VISCOSIDAD A 60 C	cP	155000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 60 C	cP	155000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	15520	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 100 C	cP	2764	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 135 C	cP	302.5	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 150 C	cP	150.5	REPORTAR	
DUCTILIDAD	cm	140	100 MINIMO	ASTM D 113 D
GRAVEDAD API	Grados API	7.2	REPORTAR	ASTM D 4052
GRAVEDAD API	Grados API	7.2	REPORTAR	ASTM D 4052
DENSIDAD A 15 °C	kg/m3	1018.6	REPORTAR	
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	70	80 MINIMO -70 MAXIM	ASTM D 5
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	70	80 MINIMO -70 MAXIM	ASTM D 5
INDICE DE PENETRACION	N/A	-1	REPORTAR	
PERDIDA DE MASA (RTFOT)	g/100g	0.33	1 MAXIMO	ASTM D 2872
PUNTO ABLANDAMIENTO	°C	47.6	45 MINIMO -55 MAXIM	ASTM D 36
PUNTO DE INFLAMACION	°C	302	232 MINIMO	ASTM D 92
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	%	99.9	99 MINIMO	ASTM D 2042
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
COMENTARIO	N/A	NINGUNO	REPORTAR	

VoBo. Nombre:

Claudia Patricia Martinez Sarmiento

NOTA: Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:

* COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA: (097620) 9900/9907 FAX (097620) 9071 Refinería ECOPETROL

* COORDINACIÓN DE PETROQUIMICOS E INDUSTRIALES BOGOTÁ: (091234) 5001/5091/5668/4670/5671/5668 FAX (091231) 5565/5536 Calle 37 No. 7-43 Piso 8

* COORDINACIÓN DE COMBUSTIBLES BOGOTÁ: (091234) 5001/5091/5667/5491. FAX (091231) 5585/5538. Calle 37 N.O. 7-43 Piso 8.

Para tramitar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (Líquidos un galón, Sólidos 3 Kilos) Para el Polietileno adjunciar el número de lote.

>>

Los Métodos ASTM D 1126, ASTM D 1252, UNE-EN 14111, ASTM D 2710, ASTM D 2500, ASTM D 5773, ASTM D 8371, EN 14078, ASTM D 3588, BS EN 14107, NF EN 14638, UNE EN 14103, ASTM D 3338, ASTM D6078, ASTM D127, ASTM D874, ASTM D5708, BS EN 12662, ASTM E 203, ISO 3981, ASTM D5800, ASTM E223, STANDARD METHODS 4500 Cl - C, STANDARD METHODS 4500 Cl - D, ASTM D 512A, STANDARD METHODS 4500 NH3, STANDARD METHODS 4500 CO2, STANDARD METHODS 5520 C, STANDARD METHODS 5520 B, STANDARD METHODS 5520 F, ASTM C 1111, ASTM D 1087, ASTM D 1293, ASTM D 1976, SM 2540 B, SM 2540 C, SM 2540 D, ASTM D-3279, ASTM D 1180, ASTM D 1783, ASTM D 5, ASTM D 36, ASTM D 4402, ASTM D 2042, ASTM D 2872, ASTM D 113, ASTM D 8045, ASTM D 4176, ASTM D6584, ASTM D 1977, ASTM D4888, ASTM D 1500, ASTM D 92, ASTM D 1209, ASTM D 548, ASTM D 4492, ASTM D 852, ASTM D 1798, ASTM D 4377, ASTM D 4007, ASTM D 7469, ASTM D 3054 A y B, ASTM D 1078, ASTM D 2887, ASTM D 850, ASTM D 813, ASTM D 9489, ASTM D 4737, ASTM D 9217, ASTM D 6352, ASTM D1169, ASTM D1133, UNE-EN 14112, ASTM D2158, ASTM D2163, ASTM D-3278, ASTM D5504, ASTM D2420, ASTM D 909, ASTM D 973, ASTM D 2392, ASTM D 525, ASTM D 5038, UOP 803, ASTM D 282, ASTM D 5181, ASTM D 5580, ASTM D 2700, ASTM D 2099, ASTM D 1838, ASTM D 2598, ASTM D 8867, ASTM D 130, ASTM D 5453, ASTM D 5550, ASTM D 381, ASTM D 1084, ASTM D 4529, UOP 803, ASTM D 1218, ASTM D 5948, ASTM D 93, ASTM D 482, ASTM D 4530, ASTM D 4052, ASTM D 5002, ASTM D 97, ASTM D 445 procedimiento A y B, ASTM D 2270, ASTM D 664, ASTM D 88, ASTM D 3227, ASTM D 4264, ASTM D 2822, ASTM D 5708 Procedimiento Ay B, ASTM D 5972, ASTM D 1840, ASTM D 3797, ASTM D 1401, ASTM D 87, ASTM D 721, ASTM D3230, CID-CID-136 de ECP, ASTM D 3351, DOW OP 32 Modificado ECP, ASTM D5776, ASTM D2712, ASTM D 1238, ASTM D 782, ASTM D 6290, ASTM D 1921, ASTM D 5830, ASTM D 1353, ASTM D 156, ASTM D 1319, ASTM D 5198, ASTM D 2390, ASTM D 3242, ASTM D 3948, ASTM D 811, ASTM D 3241, ASTM D 1322, ASTM D1238, ASTM D 2398, ASTM D 8890, ASTM D 58, ASTM D 1321, se encuentran acreditados bajo la norma ISO 17025 VERSION 2005, según certificación de acreditación del 23 de Junio de 2010, emitida por el ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA - ONAC.



GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA
COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD
Reporte de resultados de ensayo de laboratorio

11/06/2011 10:44:04 AM

Producto: ASFALTO 60/70
Número de muestra: 203.021.972
Fecha de Vo.Bo: 09-06-2011 21:08:15
Almacenamiento: K0200

Vo Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
CURVA REOLÓGICA				
N/A: No Aplica	Comentario: NINGUNO			

VoBo. Nombre:

Claudia Patricia Martínez Sarmiento

NOTA: Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:

* COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA: (091234) 5900/9907 FAX (091234) 9071 Refinería ECOPETROL

* COORDINACIÓN DE PETROQUÍMICOS E INDUSTRIALES BOGOTÁ: (091234) 5001/5091/5668/4670/5671/5686 FAX (091231) 5565/5538 Calle 37 No. 7-43 Piso 8.

* COORDINACIÓN DE COMBUSTIBLES BOGOTÁ: (091234) 5001/5091/5667/5481. FAX (091231) 5565/5538. Calle 37 N.O. 7-43 Piso 8.

Para tramitar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (Líquidos un galón, Sólidos 3 Kilos). Para el Polietileno adicionar el número de lote.

>>

Los Métodos ASTM D 1125, ASTM D 1252, UNE-EN 14111, ASTM D 2710, ASTM D 2500, ASTM D 5773, ASTM D 6371, EN 14078, ASTM D 3688, BS EN 14107, NF EN 14538, UNE EN 14103, ASTM D 3338, ASTM D6078, ASTM D127, ASTM D874, ASTM D5708, BS EN 12082, ASTM E 203, ISO 3961, ASTM D5800, ASTM E223, STANDARD METHODS 4500 CI - C, STANDARD METHODS 4500 CI - D, ASTM D 512A, STANDARD METHODS 4500 NH3, STANDARD METHODS 4500 CO2, STANDARD METHODS 5520 C, STANDARD METHODS 5520 B, STANDARD METHODS 5520 F, ASTM C 1111, ASTM D 1087, ASTM D 1128, ASTM D 1293, ASTM D 1878, SM 2540 B, SM 2540 C, SM 2540 D, ASTM D-3279, ASTM D 1190, ASTM D 1763, ASTM D 3, ASTM D 38, ASTM D 4802, ASTM D 2042, ASTM D 2672, ASTM D 113, ASTM D 6045, ASTM D 4176, ASTM D6594, ASTM D 1977, ASTM D4868, ASTM D 1500, ASTM D 92, ASTM D 1209, ASTM D 848, ASTM D 4482, ASTM D 852, ASTM D 1798, ASTM D 4377, ASTM D 4087, ASTM D 7168, ASTM D 3054 A y B, ASTM D 1078, ASTM D 2887, ASTM D 850, ASTM D 613, ASTM D 6488, ASTM D 4737, ASTM D 6217, ASTM D 6352, ASTM D1159, ASTM D1133, UNE-EN 14112, ASTM D2158, ASTM D2163, ASTM D-3276, ASTM D5504, ASTM D2420, ASTM D 909, ASTM D 973, ASTM D 2382, ASTM D 525, ASTM D 5059, UOP 262, ASTM D 5191, ASTM D 5580, ASTM D 2700, ASTM D 2899, ASTM D 1838, ASTM D 2598, ASTM D 6987, ASTM D 130, ASTM D 5453, ASTM D 6550, ASTM D 361, ASTM D 1084, ASTM D 4529, UOP 603, ASTM D 1218, ASTM D 5949, ASTM D 93, ASTM D 462, ASTM D 4530, ASTM D 4852, ASTM D 5002, ASTM D 97, ASTM D 446 procedimiento A y B, ASTM D 2270, ASTM D 664, ASTM D 88, ASTM D 3227, ASTM D 4294, ASTM D 2622, ASTM D 5708 Procedimiento A y B, ASTM D 5872, ASTM D 1840, ASTM D 3797, ASTM D 1401, ASTM D 87, ASTM D 721, ASTM D3230, CID-CID-136 de ECP, ASTM D 3351, DOW CP 32 Modificado ECP, ASTM D5776, ASTM D2712, ASTM D 1238, ASTM D 792, ASTM D 6290, ASTM D 1821, ASTM D 5830, ASTM D 1353, ASTM D 156, ASTM D 1318, ASTM D 5186, ASTM D 2380, ASTM D 3242, ASTM D 3948, ASTM D 611, ASTM D 3241, ASTM D 1322, ASTM D1288, ASTM D 2388, ASTM D 6880, ASTM D 56, ASTM D 1321, se encuentran acreditados bajo la norma ISO 17025 VERSION 2005, según certificado de acreditación del 23 de Junio de 2010, emitido por el ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA - ONAC.



GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA
COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD
Reporte de resultados de ensayo de laboratorio

09/07/2011 02:41:07 PM

Producto: ASFALTO 80/100
 Número de muestra: 203.043.784
 Fecha de Vo.Bo: 08-07-2011 17:15:15
 Almacenamiento: K0205

Vo Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
VISCOSIDAD A 60 C	cP	105000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 60 C	cP	105000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	11350	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 100 C	cP	2149	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 135 C	cP	278.7	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 150 C	cP	137.5	REPORTAR	
DUCTILIDAD	cm	140	100 MINIMO	ASTM D 113 D
GRAVEDAD API	Grados API	8.2	REPORTAR	ASTM D 4052
GRAVEDAD API	Grados API	8.2	REPORTAR	ASTM D 4052
DENSIDAD A 15 °C	kg/m3	1012.3	REPORTAR	
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	100	80 MINIMO -100 MAX	ASTM D 5
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	100	80 MINIMO -100 MAX	ASTM D 5
INDICE DE PENETRACION	N/A	-1.6	REPORTAR	
PÉRDIDA DE MASA (RTFOT)	g/100g	0.06	1 MAXIMO	ASTM D 2872
PUNTO ABLANDAMIENTO	°C	42.4	42 MINIMO -53 MAXIM	ASTM D 36
PUNTO DE INFLAMACION	°C	302	232 MINIMO	ASTM D 92
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	%	99.9	99 MINIMO	ASTM D 2042
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
COMENTARIO	N/A	NINGUNO	REPORTAR	

VoBo. Nombre:

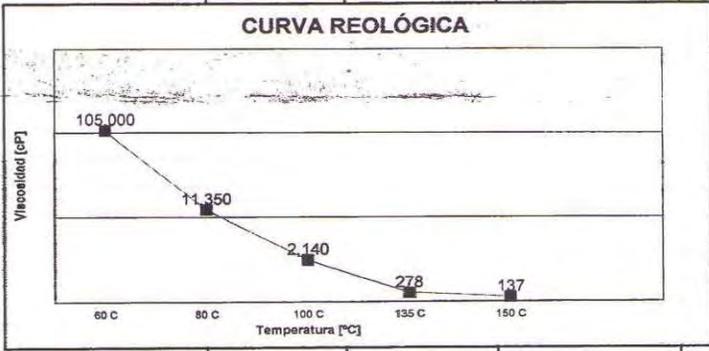
Gonzalo Cala Gómez

NOTA: Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:
 * COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA: (097620) 9900/9907 FAX (097620) 9071 Refinería ECOPETROL
 * COORDINACIÓN DE PETROQUIMICOS E INDUSTRIALES BOGOTA: (091234) 5001/5091/5668/4670/5671/5666 FAX. (091231) 5565/5538 Calle 37 No. 7-43 Piso 8.
 * COORDINACIÓN DE COMBUSTIBLES BOGOTA: (091234) 5001/5091/5667/5491. FAX (091231) 5565/5538. Calle 37 N.O. 7-43 Piso 8.
 Para tramitar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (Líquidos un galón, Sólidos 3 Kilos). Para el Polietileno adicional el numero de lote.
 >>

Los Métodos ASTM D 1125, ASTM D 1252, UNE -EN 14111, ASTM D 2710, ASTM D 2500, ASTM D 5773, ASTM D 6371, EN 14078, ASTM D 3588, BS EN 14107, NF EN 14538, UNE EN 14103, ASTM D 3338, ASTM D6079, ASTM D127, ASTM D874, ASTM D5708, BS EN 12662, ASTM E 203, ISO 3961, ASTM D5800, ASTM E223, STANDARD METHODS 4500 CI - C, STANDARD METHODS 4500 CI - D, ASTM D 512A, STANDARD METHODS 4500 B, SM 2540 C, SM 2540 D, ASTM D-3279, ASTM D 1160, ASTM D 1783, ASTM D 5, ASTM D 36, ASTM D 4402, ASTM D 2042, ASTM D 2872, ASTM D 113, ASTM D 9045, ASTM D 4176, ASTM D 1293, ASTM D 1976, SM 2540 D4868, ASTM D 1500, ASTM D 92, ASTM D 1209, ASTM D 848, ASTM D 4492, ASTM D 852, ASTM D 1796, ASTM D 4377, ASTM D 4007, ASTM D 7169, ASTM D 3054 A y B, ASTM D 1078, ASTM D 2887, ASTM D 850, ASTM D 813, ASTM D 8468, ASTM D 4737, ASTM D 6217, ASTM D 6352, ASTM D1159, ASTM D1133, UNE-EN 14112, ASTM D2158, ASTM D2163, ASTM D-3279, ASTM D6504, ASTM D2420, ASTM D 909, ASTM D 873, ASTM D 2392, ASTM D 525, ASTM D 5059, UOP 282, ASTM D 5191, ASTM D 482, ASTM D 482, ASTM D 4530, ASTM D 4052, ASTM D 5002, ASTM D 97, ASTM D 445 procedimiento A y B, ASTM D 2270, ASTM D 664, ASTM D 88, ASTM D 4529, UOP 603, ASTM D 1218, ASTM D 5949, ASTM D 89, ASTM D 5972, ASTM D 1840, ASTM D 3787, ASTM D 1401, ASTM D 87, ASTM D 721, ASTM D3230, CID-CID-I-136 de ECP, ASTM D 3351, DOW OP 32, ASTM D 4294, ASTM D 2622, ASTM D 5708 Procedimiento Ay B, ASTM D 5972, ASTM D 1840, ASTM D 3787, ASTM D 1401, ASTM D 87, ASTM D 721, ASTM D3230, CID-CID-I-136 de ECP, ASTM D 3351, DOW OP 32, ASTM D 611, ASTM D 3241, ASTM D 1322, ASTM D1298, ASTM D 2386, ASTM D 6890, ASTM D 56, ASTM D 1321, se encuentran acreditados bajo la norma ISO 17025 VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE PRODUCTOS DE PETROLIO, emitida por el OCA en junio de 2010.

Producto: ASFALTO 80/100
 Número de muestra: 203.043.784
 Fecha de Vo.Bo: 08-07-2011 17:15:15
 Almacenamiento: K0205

Vo Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
CURVA REOLÓGICA 				
N/A: No Aplica				
Comentario: NINGUNO				

VoBo. Nombre:



Gonzalo Cala Gómez

NOTA: Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:

- * COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA: (097620) 9900/9907 FAX (097620) 9071 Refinería ECOPETROL
- * COORDINACIÓN DE PETROQUÍMICOS E INDUSTRIALES BOGOTÁ: (091234) 5001/5091/5668/4670/5671/5666 FAX. (091231) 5565/5538 Calle 37 No. 7-43 Piso 8.
- * COORDINACIÓN DE COMBUSTIBLES BOGOTÁ: (091234) 5001/5091/5667/5491. FAX (091231) 5565/5538. Calle 37 N.O. 7-43 Piso 8.

Para tramitar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (Líquidos un galón, Sólidos 3 Kilos). Para el Polietileno adicionar el número de lote.

>>>

Los Métodos ASTM D 1125, ASTM D 1252, UNE -EN 14111, ASTM D 2710, ASTM D 2500, ASTM D 5773, ASTM D 6371, EN 14078, ASTM D 3588, BS EN 14107, NF EN 14538, UNE EN 14103, ASTM D 3336, ASTM D6079, ASTM D127, ASTM D874, ASTM D5708, BS EN 12662, ASTM E 203, ISO 3961, ASTM D5800, ASTM E223, STANDARD METHODS 4500 Cl - C, STANDARD METHODS 4500 Cl- D, ASTM D 512A, STANDARD METHODS 4500 NH3, STANDARD METHODS 4500 CO2, STANDARD METHODS 5520 C, STANDARD METHODS 5520 B, STANDARD METHODS 5520 F, ASTM C 1111, ASTM D 1067, ASTM D 1126, ASTM D 1293, ASTM D 1976, SM 2540 B, SM 2540 C, SM 2540 D, ASTM D-3279, ASTM D 1160, ASTM D 1783, ASTM D 5, ASTM D 36, ASTM D 4402, ASTM D 2042, ASTM D 2872, ASTM D 113, ASTM D 6045, ASTM D 4176, ASTM D6584, ASTM D 1977, ASTM D4888, ASTM D 1500, ASTM D 92, ASTM D 1209, ASTM D 848, ASTM D 4492, ASTM D 852, ASTM D 1796, ASTM D 4377, ASTM D 4007, ASTM D 7169, ASTM D 3054 A y B, ASTM D 1078, ASTM D 2887, ASTM D 850, ASTM D 613, ASTM D 6468, ASTM D 4737, ASTM D 6217, ASTM D 6352, ASTM D1159, ASTM D1133, UNE-EN 14112, ASTM D2158, ASTM D2153, ASTM D-3279, ASTM D6504, ASTM D2420, ASTM D 909, ASTM D 873, ASTM D 2392, ASTM D 525, ASTM D 5059, UOP 803, ASTM D 5191, ASTM D 5580, ASTM D 2700, ASTM D 2699, ASTM D 1838, ASTM D 2598, ASTM D 6667, ASTM D 130, ASTM D 5453, ASTM D 6550, ASTM D 381, ASTM D 1094, ASTM D 4529, UOP 803, ASTM D 1218, ASTM D 5949, ASTM D 93, ASTM D 482, ASTM D 4530, ASTM D 4052, ASTM D 5002, ASTM D 97, ASTM D 445 procedimiento A y B, ASTM D 2270, ASTM D 864, ASTM D 86, ASTM D 3227, ASTM D 4294, ASTM D 2622, ASTM D 5708 Procedimiento Ay B, ASTM D 5972, ASTM D 1840, ASTM D 3797, ASTM D 1401, ASTM D 67, ASTM D 721, ASTM D3230, CID-CID-I-136 de ECP, ASTM D 3351, DOW OP 32 Modificado ECP, ASTM D5776, ASTM D2712, ASTM D 1238, ASTM D 792, ASTM D 6290, ASTM D 1921, ASTM D 5630, ASTM D 1353, ASTM D 156, ASTM D 1319, ASTM D 5186, ASTM D 2360, ASTM D 3242, ASTM D 3948, ASTM D 611, ASTM D 3241, ASTM D 1322, ASTM D1298, ASTM D 2386, ASTM D 6890, ASTM D 56, ASTM D 1321, se encuentran acreditados bajo la norma ISO 17025 VERSION 2005, según certificado de acreditación del 23 de Junio de 2010, emitido por el ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA - ONAC.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA
COPA ABIERTA CLEVELAND
I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 80 - 70
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 02/06/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 25 DE 2011.

MUESTRA 1. M1

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICION	295		
PUNTO DE LLAMA	315	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE
LA COPA ABIERTA CLEVELAND
I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 80-100
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 06/15/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 27 DE 2011.

MUESTRA 2. M1

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICION	295		
PUNTO DE LLAMA	310	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original _____
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original _____
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE
LA COPA ABIERTA CLEVELAND
I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 80-100
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 06/15/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 27 DE 2011.

MUESTRA 2. M1

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICIÓN	295		
PUNTO DE LLAMA	310	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original _____
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original _____
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO

SECCIÓN DE LABORATORIOS DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA CLEVELAND I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 80-100
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 06/15/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 27 DE 2011.

MUESTRA 2. M2

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICIÓN	295		
PUNTO DE LLAMA	312	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original _____
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original _____
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE
LA COPA ABIERTA CLEVELAND
I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 80-100
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 06/15/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 27 DE 2011.

MUESTRA 2. M3

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICIÓN	295		
PUNTO DE LLAMA	312	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO

SECCIÓN DE LABORATORIOS DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA CLEVELAND I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 60 - 70
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 02/06/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 25 DE 2011.

MUESTRA 1. M1

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICIÓN	295		
PUNTO DE LLAMA	315	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO

SECCIÓN DE LABORATORIOS DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA CLEVELAND I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 60 - 70
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 02/06/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 25 DE 2011.

MUESTRA 1. M2

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICIÓN	295		
PUNTO DE LLAMA	313	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original _____
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original _____
INGENIERO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO

SECCIÓN DE LABORATORIOS DETERMINACION DEL PUNTO DE IGNICIÓN Y DE LLAMA MEDIANTE LA COPA ABIERTA CLEVELAND I.N.V.E-709-07

PRODUCTO: A/C 60 - 70
PROCEDENCIA: PLANTA TRAE Ltda.
FECHA DE MUESTREO: 02/06/2011
FECHA ENSAYO: JULIO 25 DE 2011.

MUESTRA 1. M3

	°C	ESPECIFICADO	VALOR MÍNIMO
PUNTO DE IGNICIÓN	295		
PUNTO DE LLAMA	313	>270	232

OBSERVACIONES: Ensayo realizado de acuerdo a procedimiento establecido en norma I.N.V-E 709-07

firmada en original _____
PROFESIONAL LABORATORIOS UDENAR

firmada en original _____
INGENIERO