

VI.- Teoría de Asfaltos

6.1.- Antecedentes

Hemos mencionado que en la actualidad prácticamente todos los materiales asfálticos que se usan en los trabajos de pavimentación proceden del petróleo crudo, del cual se obtienen a través del proceso de refinación.

Se clasifican en cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas. El residuo que queda después de extraer al petróleo los solventes y aceites ligeros, se somete en la planta a alguno de los tratamientos que hemos descrito anteriormente, es decir, al método de destilación o al de extracción de solventes, con lo que se llega al cemento asfáltico, material sólido o semi-sólido a las temperaturas normales del ambiente.

Los asfaltos líquidos (asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas), se fabrican fluidificando el cemento asfáltico, bien sea mediante la adición de solventes, con lo que se obtienen los asfaltos rebajados, o emulsionándolo en agua, produciéndose las emulsiones asfálticas.

6.2.- Cementos asfálticos

a) Propiedades y usos

En México se tiene la posibilidad de utilizar 4 tipos o grados de cementos asfálticos, designados con los números 3, 6, 7 y 8, enumerados de mayor a menor grado de dureza, definida ésta por la prueba de penetración (100 gr, 25°C, 5 seg).

Las propiedades de estos cementos asfálticos se determinan mediante las pruebas de penetración, viscosidad Saybolt-Furol, punto de inflamación, punto de reblandecimiento (anillo y esfera), ductilidad, solubilidad y prueba de la película delgada.

En los trabajos de construcción que se realizan en el País, los cementos asfálticos se emplean casi exclusivamente en la elaboración de concretos asfálticos para bases o carpetas de pavimento.

La fabricación, colocación y compactación del concreto asfáltico implica un trabajo cuidadoso, que requiere un control preciso, sobre todo de temperaturas, que son las que rigen la viscosidad adecuada del cemento asfáltico en cada etapa del proceso. La temperatura de aplicación del cemento asfáltico al hacer la mezcla debe ser del orden de 120 a 160°C, misma a la que debe someterse también el material pétreo. Se considera que a temperaturas menores de 120°C, el cemento asfáltico no tiene adecuadas propiedades para mojar y aglutinar debidamente las partículas del material pétreo, y temperaturas mayores de 160°C, pueden afectar seriamente sus características, al eliminársele los aceites ligeros que contiene y provocársele por ese motivo un envejecimiento prematuro.

El concreto asfáltico debe compactarse a temperaturas mayores de 70°C ó 90°C. Abajo de esta temperatura, el acomodo del material es deficiente.

En México casi se emplea en forma única el cemento asfáltico Núm. 6, que se ha encontrado que es adecuado para las condiciones climáticas generales del País y para las características de resistencia de la mezcla.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mayor calidad y resistencia que se construyen y se utilizan en carreteras de alto tránsito, como las que convergen a la Ciudad de México y en aeropuertos importantes para tráfico de aeronaves pesadas.

b) Normas de calidad.

En la Tabla No. 6.2.1. aparecen los requisitos de calidad que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fija para los 4 tipos de cementos asfálticos disponibles en el País y que están contenidos en las Normas de la referida Secretaría.

6.3.- Asfaltos Rebajados.

a).- Obtención, clasificación y tipos

Los asfaltos rebajados se preparan agregando al cemento asfáltico solventes ligeros del petróleo y se clasifican en 3 grupos:

- * Asfaltos de Fraguado Rápido (FR)
- * Asfaltos de Fraguado Medio (FM)
- * Asfaltos de Fraguado Lento (FL)

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido son aquéllos en que se emplea como solvente del cemento asfáltico un material del tipo de la gasolina. Existen varios tipos o grados de estos asfaltos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solvente presente en el producto. Se designan con los símbolos FR-0, FR-1, FR-2, FR-3 y FR-4 en que el índice creciente indica una proporción cada vez mayor de cemento asfáltico.

Los asfaltos rebajados de fraguado medio se elaboran agregando al cemento asfáltico solventes del tipo de la Kerosina, que son menos volátiles que las gasolinas. Por lo tanto, el fraguado de estos rebajados es un poco más tardado que el de los de fraguado rápido. El fraguado se refiere a la eliminación de solventes en los rebajados y es el mismo concepto que implica el proceso de curado cuando se han aplicado estos productos a los materiales pétreos. Los asfaltos rebajados de fraguado medio pueden ser también de 5 tipos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solventes, designándoseles como FM-0, FM-1, FM-2, FM-3 y FM-4, en que los índices tienen el mismo significado que se mencionó en el caso de los rebajados de fraguado rápido.

Tabla No. 6.2.1 Normas de Calidad Para Cementos Asfálticos.

CARACTERISTICAS	GRADO DEL CEMENTO ASFALTICO			
	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100 g, 5 seg, 25 ° C, grados.....	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt - Furol a 135 ° C, seg, mín.....	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), ° C mínimo.....	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, ° C.....	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductibilidad, 25 ° C, cm, mínimo.....	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la Película delgada, 50 cm ² , 5 h, 163 °C: Penetración Retenida, por ciento, mínimo.....	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo.....	1.4	1.0	0.8	0.8

Los asfaltos rebajados de fraguado lento son cementos asfálticos con solventes del tipo de aceites ligeros. Generalmente no se preparan adicionando en la planta dichos aceites al cemento asfáltico, sino que se obtienen directamente del residuo de la destilación del petróleo. Por ser los solventes de estos rebajados mucho menos volátiles que las gasolinas y las kerosinas, su fraguado es bastante más tardado que el de los FR y FM. De acuerdo con la proporción de cemento asfáltico que contienen, pueden ser de los tipos o grados FL-0, FL-1, FL-2, FL-3 y FL-4.

b).- Propiedades y usos

Las propiedades de los asfaltos rebajados se definen mediante las siguientes pruebas:

Punto de inflamación	} Se efectúan en el residuo de la destilación.
Viscosidad Saybolt-Furol	
Destilación	
Agua por destilación	
Penetración (sólo FR y FM)	
Flotación (sólo FL)	
Ductibilidad	
Solubilidad	

En la determinación del punto de inflamación se emplea la copa abierta de Tag, para los asfaltos rebajados de fraguado rápido y medio (FR y FM) y la copa abierta de Cleveland, para los FL.

Las propiedades reológicas de los asfaltos rebajados están determinadas por sus características de viscosidad a diferentes temperaturas y por los resultados de penetración, flotación y ductilidad en pruebas practicadas al residuo de la destilación. Dichas propiedades influyen de manera importante en las características de estos asfaltos al momento de su aplicación y posteriormente en su comportamiento durante su servicio en las obras. Debe dárseles por lo tanto especial atención, ya que son la base del éxito o el fracaso de los trabajos que se efectúen con estos materiales.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido se emplean en nuestro medio para la construcción de carpetas, sub-bases y bases estabilizadas, riegos de liga, carpetas de riegos y riegos de sello. Se utilizan casi exclusivamente de tipo FR-2, FR-3 y FR-4, y en forma preferente el FR-3.

Los rebajados de fraguado medio se emplean en riegos de impregnación de bases de pavimentos flexibles y de sub-bases de pavimentos rígidos. Excepcionalmente se usan para la construcción de mezclas asfálticas. Los de tipo FM-0 y FM-1, con preferencia del último, son los que principalmente se utilizan en México para los riegos de impregnación señalados.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento ya prácticamente no se usan en nuestro País. Se usaron mucho en épocas pasadas, como paliativos del polvo en los caminos revestidos.

En cualquiera de los trabajos en que se utilizan los asfaltos rebajados, es condición necesaria para lograr una adherencia adecuada que los materiales pétreos o superficies a los que se aplican estén secos, lo que puede ser una desventaja en los lugares de clima lluvioso, no obstante que mediante el uso de ciertos aditivos es factible lograr buenos resultados aún cuando los materiales pétreos o superficies de aplicación estén húmedos.

Dado que la función de los solventes en los asfaltos rebajados es simplemente fluidificar el cemento asfáltico y poder incorporarlo o aplicarlo a los materiales pétreos prácticamente en frío, una vez logrado este objetivo, dichos solventes deben eliminarse en su mayor parte para permitir el trabajo del cemento asfáltico, que es realmente el material que quedará en definitiva como ligante en la obra.

c).- Temperaturas recomendables de aplicación

Las temperaturas a las que se recomienda calentar los asfaltos rebajados al momento de su aplicación tienen la doble finalidad de impartirles la adecuada viscosidad para que cubran y mojen convenientemente a los agregados y otras superficies en que se riegan, y para evitar los peligros de incendio a que están muy expuestos dada la volatilidad de los solventes que contienen, sobre todo los rebajados de los tipos FR y FM.

Estas temperaturas son las que aparecen en la Tabla No. 6.2.2

Tabla No. 6.2.2 Temperaturas Recomendables de Aplicación de los Asfaltos Rebajados.

Asfaltos Rebajados de Fraguado Rápido	FR - 0:	de 20 °C	a	40 °C
	FR - 1:	de 30 °C	a	50 °C
	FR - 2:	de 40 °C	a	60 °C
	FR - 3:	de 60 °C	a	80 °C
	FR - 4:	de 80 °C	a	100 °C
Asfaltos Rebajados de Fraguado Medio	FM - 0:	de 20 °C	a	40 °C
	FM - 1:	de 30 °C	a	60 °C
	FM - 2:	de 70 °C	a	85 °C
	FM - 3:	de 80 °C	a	95 °C
	FM - 4:	de 90 °C	a	100 °C
Asfaltos Rebajados de Fraguado Lento	FL - 0:	de 20 °C	a	40 °C
	FL - 1:	de 30 °C	a	45 °C
	FL - 2:	de 75 °C	a	85 °C
	FL - 3:	de 85 °C	a	95 °C
	FL - 4:	de 95 °C	a	100 °C

d) Normas de calidad

Los asfaltos rebajados de los distintos tipos deben cumplir con los requisitos de calidad mostrados en las Tablas Núm. 6.3.3, 6.3.4 y 6.3.5, que son los establecidos por las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

TABLA 6.3.3 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FL - 0	FL - 1	FL - 2	FL - 3	FL - 4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de ignición mín. (copa abierta de Cleveland, °C)..	66	66	80	90	107
Viscosidad Saybolt-Furol					
a 25 °C seg.....	75 - 150	.....	.....	.....	.....
a 50 °C seg.....	.....	75 - 150	.....	.....	.....
a 60 °C seg.....	.....	.....	100 - 120	250 - 500	.....
a 82 °C seg.....	.....	.....	.....	.....	125 - 250
Penetración del asfalto básico (grados).....	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100
Destilación: destilado total a 360 °C, % volumen.....	15 - 40	10 - 30	5 - 25	2 - 15	10 máx.
Contenido de asfalto de 100 grados de penetración (Aprox.).....	40 mín.	50 mín.	60 mín.	70 mín.	75 mín.
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Flotación a 50 °C seg.....	15 - 100	20 - 100	25 - 100	50 - 125	60 - 150
Ductibilidad en cm (mínimo).....	100	100	100	100	100
Solubilidad en Tetracloruro de carbono, % mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA 6.3.4 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FM - 0	FM - 1	FM - 2	FM - 3	FM - 4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de ignición mín. (copa abierta de Cleveland, °C) ..	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybolt-Furol					
a 25 °C seg.....	75 - 150	.....	.....	.....	.....
a 50 °C seg.....	.....	75 - 150	.....	.....	.....
a 60 °C seg.....	.....	.....	100 - 120	250 - 500	.....
a 82 °C seg.....	.....	.....	.....	.....	125 - 250
Penetración del asfalto básico (grados).....	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100
Destilación: % del total destilado a 360 °C.					
Hasta 225 °C.....	25 máx.	20 máx.	10 máx.	5 máx.	0
Hasta 260 °C.....	40 - 70	25 - 65	15 - 55	5 - 40	30 máx.
Hasta 315 °C.....	75 - 93	70 - 90	60 - 87	55 - 85	40 - 80
Residuo de la destilación a 360 °C (% del volumen por diferencia mín.....	50	60	67	73	78
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración (grados)	120 - 300	120 - 300	120 - 300	120 - 300	120 - 300
Ductibilidad en cm (mínimo).....	100	100	100	100	100
Solubilidad en Tetracloruro de carbono, % mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA 6.3.5 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FR - 0	FR - 1	FR - 2	FR - 3	FR - 4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de ignición mín. (copa abierta de Cleveland, °C)..			35	35	35
Viscosidad Saybolt-Furol					
a 25 °C seg.....	75 - 150				
a 50 °C seg.....		75 - 150			
a 60 °C seg.....			100 - 120	250 - 500	
a 82 °C seg.....					125 - 250
Penetración del asfalto básico (grados).....	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100
Destilación: % del total destilado a 360 °C.					
Hasta 190 °C.....	15	10			
Hasta 225 °C.....	55	50	40	25	8
Hasta 260 °C.....	75	70	65	55	40
Hasta 315 °C.....	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360 °C (% del volumen por diferencia mín.....	50	60	67	73	78
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración (grados)	80 - 120	80 - 120	80 - 120	80 - 120	80 - 120
Ductibilidad en cm (mínimo).....	100	100	100	100	100
Solubilidad en Tetracloruro de carbono, % mínimo.....	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

6.4.- Pruebas Físicas de Laboratorio

6.4.1.- Obtención, envase y identificación de muestras

El muestreo consiste en obtener una porción representativa del volumen de material asfáltico en estudio y se lleva a cabo en material almacenado en uno o en varios depósitos, o durante las maniobras de carga y descarga; el muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

Para el muestreo del material asfáltico almacenado en un solo depósito como tanque, fosa o carro tanque, se observarán previamente las condiciones en que se encuentra dicho material, y en caso de que existan cantidades apreciables de impurezas como sedimentos, agua libre, espuma, etc., se estimará el volumen de éstas, y de ser necesario, se tomarán muestras de dichas impurezas para su identificación. Los materiales asfálticos líquidos se muestrearán preferentemente antes de ser calentados y cuando esto no sea posible, la muestra se tomará a la temperatura que tenga el producto, registrando ésta con aproximación de un grado centígrado (1°C). Los materiales asfálticos sólidos o semisólidos no deben calentarse más que lo indispensable para facilitar su muestreo.

a).- El equipo que se requiere consiste fundamentalmente en un muestreador como los que se ilustran en la Fig. No. 6.4.1, formado por un recipiente metálico o de vidrio, convenientemente lastrado, provisto de un tapón de corcho que pueda retirarse desde el exterior mediante una cadena o cordel. El recipiente estará sujeto al extremo de una varilla metálica o de madera, o bien a otro cordel, en tal forma que estando tapado y con la boca hacia arriba pueda sumergirse hasta la profundidad deseada.

b).- El procedimiento para la obtención de las muestras será el siguiente:

b1).- Con el muestreador perfectamente seco y limpio se extraen (3) porciones del material asfáltico, tomando cada una de la parte media de los tercios superior, medio e inferior del contenido, respectivamente.

b2).- La cantidad necesaria de cada muestra es aproximadamente de (2) dos litros, en el caso de cementos asfálticos y asfaltos rebajados y de (4) cuatro litros si se trata de emulsiones asfálticas; para obtener estos volúmenes puede ser necesario llenar varias veces el muestreador, en cuyo caso se tendrá la precaución de introducirlo a igual profundidad cuando se integre una misma muestra y manejarlo cuidadosamente para no alterar las condiciones del material que está siendo muestreado.

b3).- Las (3) tres muestras obtenidas a distintas profundidades se depositan en diferentes recipientes con objeto de analizar cada una y determinar si existe heterogeneidad en el material; sólo en el caso de que éste vaya a ser homogeneizado, se mezclarán para formar una muestra integral como sigue: si se trata de tanques cilíndricos verticales, la muestra integral se formará con partes iguales de las (3) tres muestras tomadas a diferentes profundidades y si se trata de

tanques cilíndricos horizontales, la muestra integral deberá constituirse de acuerdo con la Tabla No. 6.4.1

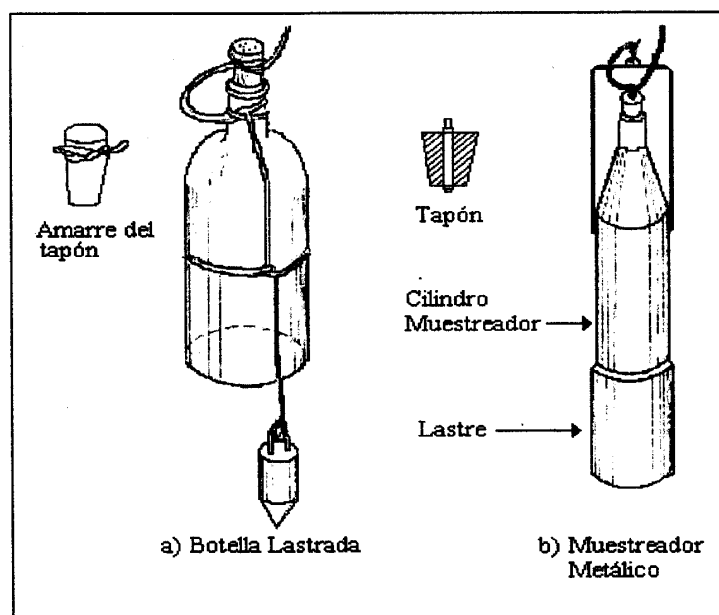


Fig. No. 6.4.1 Muestreadores de Asfalto.

b4).- Las muestras se envasan en recipientes de volumen adecuado, que podrán ser de lámina o de vidrio, siendo importante cumpla con los siguientes aspectos:

Tabla No. 6.4.1 Muestreo de Tanques Horizontales

Tirante de asfalto en por ciento del diámetro vertical	Nivel de muestreo en por ciento del diámetro vertical			Porcentajes en volumen para formar la muestra integral		
	Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
100	80	50	20	30	40	30
90	75	50	20	30	40	30
80	70	50	20	20	50	30
70	.....	50	20	.....	60	40
60	.....	50	20	.....	50	50
50	.....	40	20	.....	40	60
40	.....	.....	20	.....	.....	100
30	.....	.....	15	.....	.....	100
20	.....	.....	10	.....	.....	100
10	.....	.....	5	.....	.....	100

b4.a).- Se tendrá especial cuidado en que las muestras no se contaminen con polvo u otras materias extrañas y que los recipientes estén perfectamente limpios y secos antes de ser llenados. Al envasar las muestras, los recipientes deberán quedar llenos y perfectamente tapados, con objeto de evitar pérdidas del contenido y no se usarán en ningún caso tapones de hule.

b4.b).- Las muestras se identifican por medio de tarjetas que se fijan en los envases, en las cuales se anotarán los siguientes datos claramente escritos:

Remitente
Tipo de material asfáltico
Uso a que se destina
Obra
Lugar de muestreo
Nivel a que se tomó la muestra
Observaciones
Fecha y hora del muestreo

Los datos anteriores, así como todas las observaciones que se consideren necesarias, también se anotan en una libreta de campo.

b4.c) Para transportar las muestras del sitio de su obtención al laboratorio encargado de su análisis, se empacarán debidamente y al llegar a éste se registrarán asignándoles un número de identificación para su ensaye; se considera que en general no es conveniente conservar las muestras en el laboratorio durante más de (1) un mes, antes de ser ensayadas.

El muestreo del material asfáltico envasado en varios recipientes o depósitos como tambores y cuñetes, se realiza tomando en cuenta el estado físico en que se encuentra dicho material y agrupando los recipientes por lotes del mismo producto, origen y fabricación, para fijar el número de muestras parciales que deban obtenerse.

a).- El equipo que se requiere en este caso para efectuar el muestreo, depende del estado en que se encuentre el material asfáltico o bien, herramientas como hacha, martillo y espátula.

b).- El procedimiento para la obtención de las muestras es el siguiente:

b1).- Se eligen arbitrariamente los recipientes que deben ser muestreados de cada lote de material asfáltico y el número de recipientes que se muestrearán se determina de acuerdo con la Tabla No. 6.4.2

Tabla No. 6.4.2	
Número de depósitos que forman el lote	Números de depósitos que muestrearse (+)
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

(+) Este número es aproximadamente igual a la raíz cúbica del total que constituya el lote.

b2).- Si en un almacenamiento se encuentran depósitos con material asfáltico de (2) dos o más producciones bien identificadas, se aplicará el criterio anterior a cada una de ellas y en caso de no identificarse satisfactoriamente estas producciones, se muestreará cada depósito en forma individual si su volumen lo justifica.

b3).- Tratándose de materiales asfálticos líquidos, en cada uno de los depósitos seleccionados se procede como se indica en el párrafo b) , excepto que la muestra podrá tomarse a una o dos profundidades, para lo cual se obtiene de lugares que disten más de (10) diez centímetros de la periferia del material. Las muestras tomadas se pueden ensayar en forma individual si así se requiere o bien, se mezclan para formar una muestra integral.

b4).- Cuando se trate de materiales asfálticos sólidos o semisólidos, que no resulte práctico fluidificarlos, una vez que han sido seleccionados los recipientes de acuerdo con lo que se indica en el inciso b1) de este párrafo, se utiliza en lugar del muestreador, el hacha, el cincel, o una herramienta similar. Las muestras se toman a una profundidad mayor de (10) diez centímetros de la superficie, en la parte central, y tendrán un peso de (2) dos kilogramos aproximadamente.

c).- El manejo de las muestras se llevará a cabo de acuerdo con lo descrito en el inciso b4) del párrafo b) anterior.

El muestreo durante las maniobras de carga y descarga de los vehículos de transporte o de aplicación del material asfáltico, se efectúa directamente en el conducto de la descarga tomando (3) tres muestras parciales, cada una en un recipiente de (2) dos litros de capacidad y de boca ancha, obteniendo una muestra al iniciarse la maniobra, otra a la mitad y la última al finalizar dicha maniobra. Las muestras tomadas se vacían en un recipiente limpio, en donde se mezclan para formar una sola y finalmente se toma de ellas una muestra integral de (2) dos litros, si se

trata de cemento asfáltico o asfalto rebajado, y de (4) cuatro litros en el caso de emulsión asfáltica. Para el manejo de las muestras se procede de acuerdo con lo descrito en el inciso b4) del párrafo b) anterior.

Los métodos de prueba que se describen a continuación se refieren a la determinación de las características de los cementos asfálticos usados en trabajos de pavimentación, para prever su probable comportamiento en la obra y controlar sus propiedades durante la construcción. La preparación de las muestras se describe en cada una de las pruebas y se refiere fundamentalmente a la fluidificación del asfalto para hacerlo manejable, evitando el sobrecalentamiento y recalentamiento de las muestras.

6.4.2 .- Peso específico relativo o densidad

Primeramente se describe la prueba para determinar el peso específico relativo o densidad de los cementos asfálticos, que es la relación entre el peso de un volumen dado del material a (25°C) veinticinco grados centígrados y el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura. Este dato se utiliza en el cálculo de volúmenes de los cementos asfálticos y en la determinación del porcentaje de vacíos en mezclas asfálticas compactadas.

a).- El equipo y materiales necesarios para la prueba son los siguientes:

Picnómetro de vidrio, de forma cilíndrica o cónica, de (22) veintidós a (26) veintiséis milímetros de diámetro, con tapón de vidrio esmerilado, provisto de un orificio central de (1) uno a (2) dos milímetros de diámetro. La superficie superior del tapón debe ser lisa y plana y la inferior cóncava para permitir que escape todo el aire a través del orificio. La altura en el centro de la sección cóncava debe estar comprendida entre (4) cuatro y (6) seis milímetros. El picnómetro tapado debe tener una capacidad de (24) veinticuatro a (30) treinta centímetros cúbicos y no debe pesar más de (40) cuarenta gramos, Fig. No. 6.4.2

Termómetro de inmersión total, con escala que abarque de (-8 a 32°C) menos ocho a más treinta y dos grados centígrados y aproximación de (0.1°C) cero punto un grado centígrado.

Balanza con aproximación de (1) un miligramo.

Vaso de precipitado de (500) quinientos centímetros cúbicos.

Vaso de precipitado de (250) doscientos cincuenta centímetros cúbicos.

Baño de agua que permita regular la temperatura hasta (50°C) cincuenta grados centígrados, con aproximación de (0.1°C) cero punto un grado centígrado.

Fuente de calor.

Agua destilada.

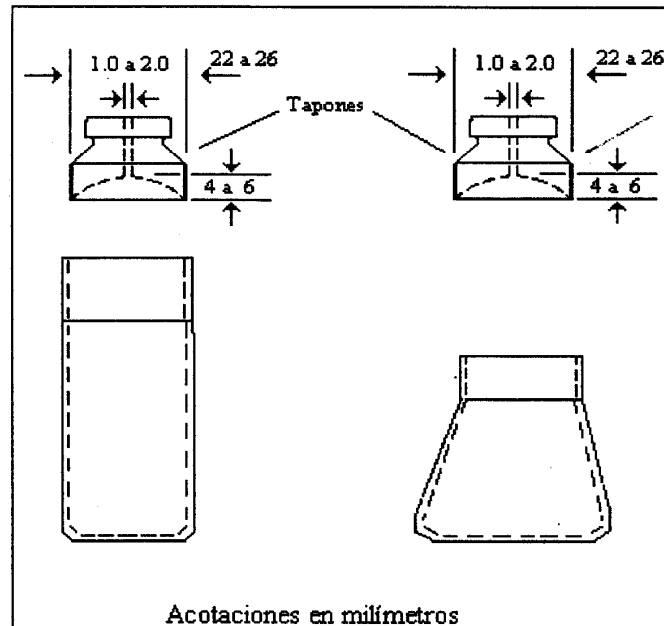


Fig. No. 6.4.2 Picnómetros

b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

b1).- Se limpian y secan perfectamente el picnómetro y el tapón, y a continuación se pesan conjuntamente, anotando este peso como W_r con aproximación de (0.001) cero punto cero cero un gramo.

b2).- Se llena el picnómetro con agua destilada, recientemente hervida para eliminarle el aire, se le inserta firmemente el tapón y se sumerge todo el conjunto, durante no menos de (30) treinta minutos, en un vaso con agua destilada que se mantendrá a $(25 \pm 0.2^\circ\text{C})$ veinticinco más menos cero punto dos grados centígrados dentro del baño de agua. A continuación se saca parcialmente el picnómetro del agua y se procede a secar la superficie exterior del tapón, cuidando que el orificio quede totalmente lleno de agua. En seguida se saca completamente el picnómetro del vaso y con un paño seco y limpio se elimina rápidamente la humedad que tenga la superficie exterior del mismo; inmediatamente después se pesa el picnómetro con su tapón y el agua que contiene, y se anota este peso como W_{fw} con aproximación de (0.001) cero punto cero cero un gramo; efectuado lo anterior, se elimina el contenido del picnómetro y se procede a limpiarlo y a secarlo.

b3).- Se fluidifican en un vaso de precipitado (100) cien gramos de cemento asfáltico aproximadamente, aplicando calor en forma lenta y evitando que haya pérdida por evaporación. Cuando la muestra esté suficientemente fluida, se calienta ligeramente el picnómetro y en seguida

se vierte en éste una cantidad de cemento asfáltico, suficiente para llenarlo hasta la mitad aproximadamente, sin que el cemento asfáltico escurra por sus paredes y procurando que no se formen burbujas. A continuación, se dejan enfriar el picnómetro y su contenido a la temperatura ambiente y se pesan junto con el tapón, anotando este peso como W_{fa} con aproximación de (0.001) cero punto cero cero un gramo.

b4).- En seguida se termina de llenar el picnómetro con agua destilada y sin aire, y se le inserta firmemente el tapón. El picnómetro y su contenido se sumergen completamente durante no menos de (30) treinta minutos, en un vaso con agua destilada que se mantiene a $(25 \pm 0.2^\circ\text{C})$ veinticinco más menos cero punto dos grados centígrados dentro del baño de agua. A continuación se saca parcialmente del agua el picnómetro y se seca la superficie exterior del tapón, cuidando que el orificio quede completamente lleno de agua. En seguida se saca totalmente el picnómetro del vaso y con un paño seco y limpio se elimina rápidamente toda la humedad de la superficie exterior del mismo; inmediatamente, se pesa el picnómetro con su contenido y el tapón, anotando este peso como W_{faw} con aproximación de (0.001) cero punto cero cero un gramo.

c).- Se calcula y reporta el peso específico relativo del cemento asfáltico con aproximación de (0.001) cero punto cero cero un gramo, determinado con la siguiente fórmula:

$$S_{CA} = \frac{W_{fa} - W_r}{(W_{fw} - W_r) - (W_{faw} - W_{fa})} = \frac{W_a}{W_w}$$

En donde:

S_{CA} es el peso específico relativo o densidad del cemento asfáltico, número abstracto.

W_r es el peso del picnómetro, en gramos.

W_{fw} es el peso del picnómetro lleno de agua, en gramos.

W_{fa} es el peso del picnómetro con asfalto, en gramos.

W_{faw} es el peso del picnómetro con asfalto y agua, en gramos.

W_a es el peso del cemento asfáltico contenido en el picnómetro, en gramos.

W_w es el peso del agua destilada, en gramos, correspondiente a un volumen igual al del cemento asfáltico, estando ambos a (25°C) veinticinco grados centígrados.

d).- En la determinación del pesos específico relativo del cemento asfáltico se tendrán las siguientes precauciones:

d1).- El agua destilada que se utilice debe ser hervida poco antes de la prueba, con objeto de extraerle el aire que contenga.

d2).- Al limpiar y secar superficialmente el picnómetro, debe evitarse aumentar su temperatura con el calor de la mano, ya que podría originar que se dilate y derrame su contenido.

d3).- Al llenar el picnómetro e insertar el tapón, deben eliminarse todas las burbujas de aire.

d4).- Para efectuar la limpieza del picnómetro después de una determinación, es conveniente calentarlo a no más de (100°C) cien grados centígrados, hasta que casi todo el material pueda ser vaciado, para limpiarlo después con un paño suave. Una vez que se haya enfriado el picnómetro se puede terminar su limpieza con un disolvente apropiado, secándolo finalmente con otro paño.

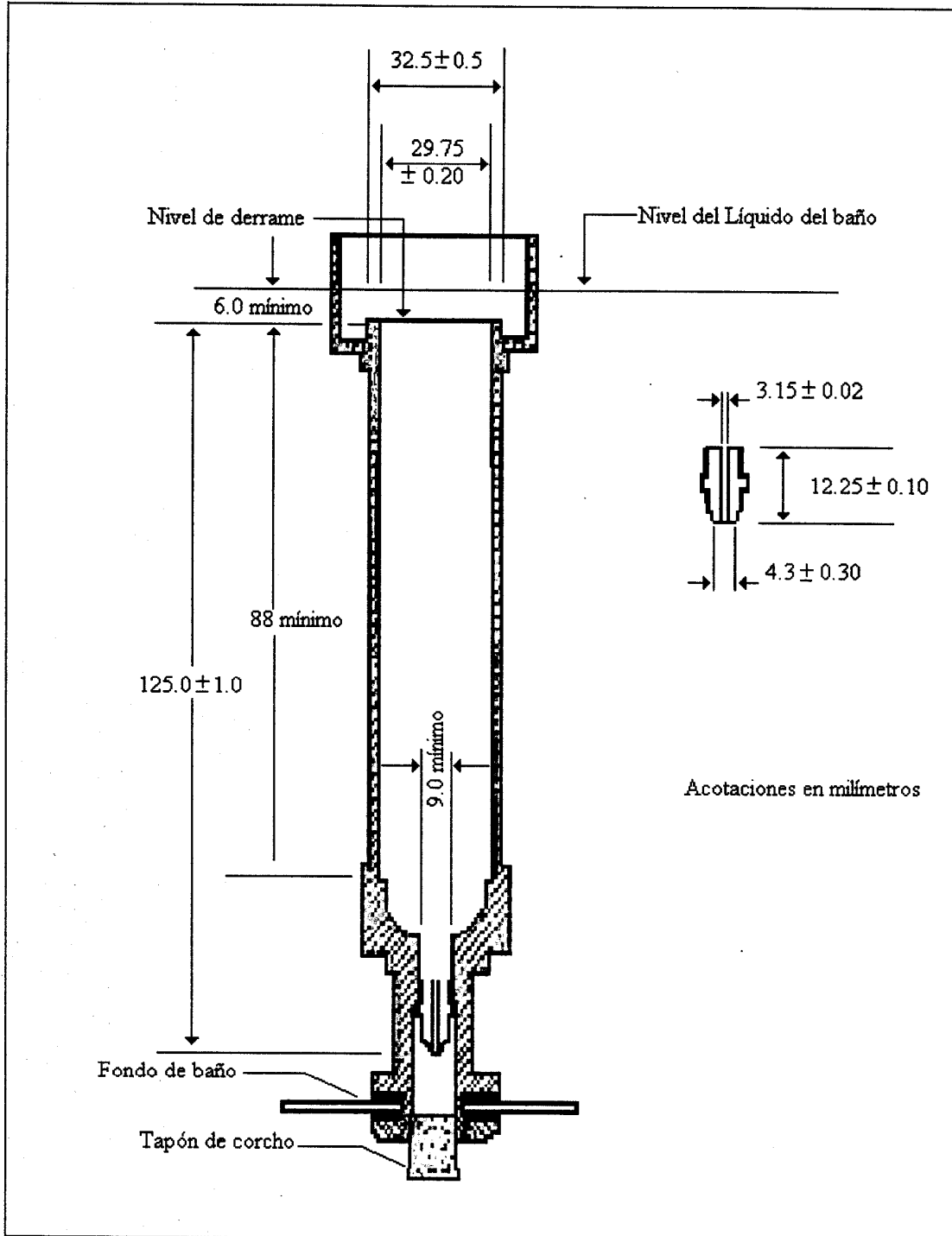
6.4.3.- Viscosidad Saybolt – Furol

A continuación se describe el método para determinar la viscosidad Saybolt-Furol en los cementos asfálticos, la cual permite conocer sus características de flujo a la temperatura de (135°C) ciento treinta y cinco grados centígrados, pudiéndose realizar esta prueba a otras temperaturas comprendidas entre (120) ciento veinte y (235°C) doscientos treinta y cinco grados centígrados, con objeto de conocer la susceptibilidad al calor de los cementos asfálticos y determinar las viscosidades apropiadas para su utilización. La prueba fundamentalmente consiste en determinar el tiempo que tardan en pasar (60) sesenta centímetros cúbicos de cemento asfáltico a través de un orificio Furol bajo condiciones especificadas.

a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Viscosímetro Saybolt-Furol compuesto de un tubo de viscosidad Saybolt y boquilla con orificio Furol, de metal resistente a la corrosión con la forma y dimensiones indicadas en la Fig. No. 6.4.3. La parte inferior del tubo está provista de una tuerca para fijarlo en posición vertical en el recipiente del baño, y de un tapón de corcho u otro dispositivo similar que impida el flujo del cemento asfáltico; dicho tapón lleva un cordón o cadena para facilitar su remoción. Tapa metálica para el tubo de viscosidad que consiste en una placa circular cuyas dimensiones inferiores son aproximadamente de (56) cincuenta y seis milímetros de diámetro y (7) siete milímetros de espesor, con un orificio en el centro, cuyo diámetro es ligeramente mayor que el del termómetro y otros orificios a través de los cuales pueden pasar los vástagos metálicos del anillo de desplazamiento. Baño de aceite adaptado para mantener el tubo de viscosidad en posición vertical, equipado con un agitador, un sistema de control de temperatura hasta de (235°C) doscientos treinta y cinco grados centígrados, con aproximación de (0.2°C) cero punto dos grados centígrados y una fuente de calor, que estará alejada por lo menos (3) tres centímetros

Fig. No. 6.4.3 Tubo de viscosidad Saybolt Boquilla Furol



tubo de viscosidad, acondicionado para mantener el nivel del líquido del baño (6) seis milímetros arriba del borde de derrame del viscosímetro.

Matraz de vidrio, con capacidad de (60 ± 0.05) sesenta más menos cero punto cero cinco centímetros cúbicos, aforado a la temperatura de (20°C) veinte grados centígrados, con la marca de aforo en el cuello y de la forma y dimensiones indicadas en la Fig. No. 6.4.4

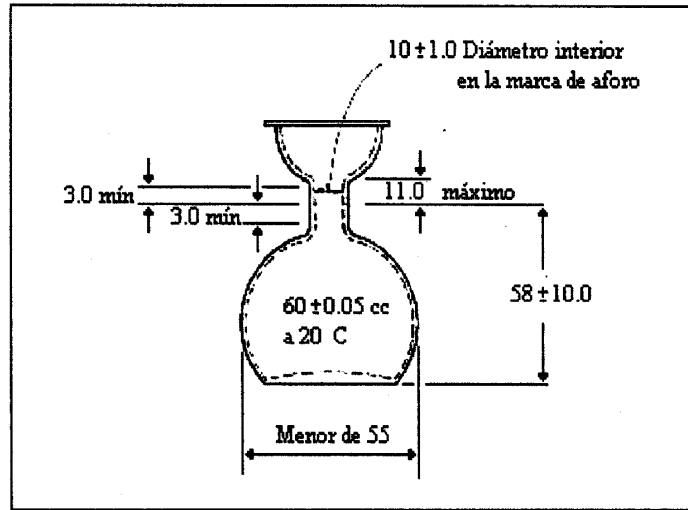


Fig. No. 6.4.4 Matraz Aforado

Anillo de desplazamiento, de metal resistente a la corrosión, que ajuste perfectamente en el depósito de derrame del viscosímetro, hasta un nivel ligeramente inferior al del borde de derrame, provisto de uno o varios vástagos metálicos.

Embudo para filtrado, de metal resistente a la corrosión, provisto de una malla Núm. 0.850.

Termómetro de inmersión total, con escala que abarque de $(95$ a $155^\circ\text{C})$ noventa y cinco a ciento cincuenta y cinco grados centígrados, con aproximación de (0.2°C) cero punto dos grados centígrados.

Parrilla eléctrica de (20) veinte centímetros de diámetro aproximadamente, con capacidad de (1,200) mil doscientos vatios y provista de control termostático.

Cronómetro con aproximación de un segundo.

Aceite de grado (40) cuarenta SAE, cuando se efectúen pruebas entre $(120$ y $150^\circ\text{C})$ ciento veinte y ciento cincuenta grados centígrados o bien, cuando la prueba se efectúa a temperaturas superiores, aceite con viscosidad Saybolt-Furol de $(17.5$ a $18.5)$ diecisiete punto cinco a dieciocho punto cinco segundos a (99°C) noventa y nueve grados centígrados y punto de

inflamación en copa abierta de Cleveland de (357°C) trescientos cincuenta y siete grados centígrados.

b).- La preparación de la muestra consiste en colocar en un recipiente (450) cuatrocientos cincuenta gramos de cemento asfáltico y calentarlo a una temperatura superior en (15°C) quince grados centígrados a la temperatura de la prueba, para fluidificarlo, agitándola de vez en cuando, excepto durante los últimos (30°C) treinta grados centígrados en que el agitado será continuo. El tiempo de calentamiento no será mayor de (2) dos horas y la muestra solamente se calentará una vez.

c).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

c1).- Se llena el baño del viscosímetro con el aceite adecuado para la temperatura a la cual se efectúa la prueba.

c2).- Se limpia el tubo de viscosidad con xilol o petróleo diáfano y se seca perfectamente antes de utilizarlo. Para facilitar esta limpieza después de cada prueba, se llena con aceite el tubo del viscosímetro, se vacía y en seguida se limpia con xilol.

c3).- A continuación se inserta el tapón de corcho en la parte inferior del tubo de viscosidad, de manera que penetre de (6) seis a (9) nueve milímetros, cuidando que ajuste en forma hermética para evitar que escape el aire. Así mismo, se coloca el anillo de desplazamiento en el tubo de derrame.

c4).- Se calienta el baño del viscosímetro a una temperatura ligeramente inferior a la seleccionada para efectuar la prueba; a continuación se vierte al tubo de viscosidad la muestra de asfalto preparada, filtrándola a través de la malla Núm. 0.850, previamente entibiada y seca, hasta que el asfalto se derrame en la cazoleta; se coloca la tapa y se inserta el termómetro a través del orificio central de la misma.

c5).- Se agita la muestra continuamente con el termómetro, dándole a éste un movimiento circular y evitando movimientos verticales que pudieran provocar la formación de burbujas, teniendo cuidado de no golpear el fondo del tubo de viscosidad para no presionar el asfalto a través del orificio de la boquilla; se ajusta la temperatura del baño, hasta que la muestra alcance la temperatura de prueba y se establezca el equilibrio térmico.

c6).- Cuando la temperatura de la muestra permanezca constante durante un minuto de agitado continuo, con una discrepancia no mayor de (0.3°C) cero punto tres grados centígrados respecto a la temperatura de prueba, se retiran la tapa y el anillo de desplazamiento para verificar que la muestra dentro de la cazoleta no llegue al nivel de derrame y se vuelve a colocar la tapa.

c7).- Inmediatamente después se coloca el matraz debajo del tubo de viscosidad, se retira el tapón de corcho y simultáneamente se pone en marcha el cronómetro, el cual deberá detenerse en el momento en que la muestra alcance la marca de aforo de (60) sesenta centímetros cúbicos del matraz y se registra el tiempo medido con el cronómetros. El tiempo transcurrido desde que se

inicia el llenado del tubo de viscosidad hasta que empiece el llenado del matraz no será mayor de (15) quince minutos Fig. No. 6.4.5.

d).- Se reporta como viscosidad Saybolt Furol de la muestra, el tiempo en segundos que tarda en llenarse el matraz con el material asfáltico, hasta la marca de aforo, debiendo indicarse también la temperatura de prueba.

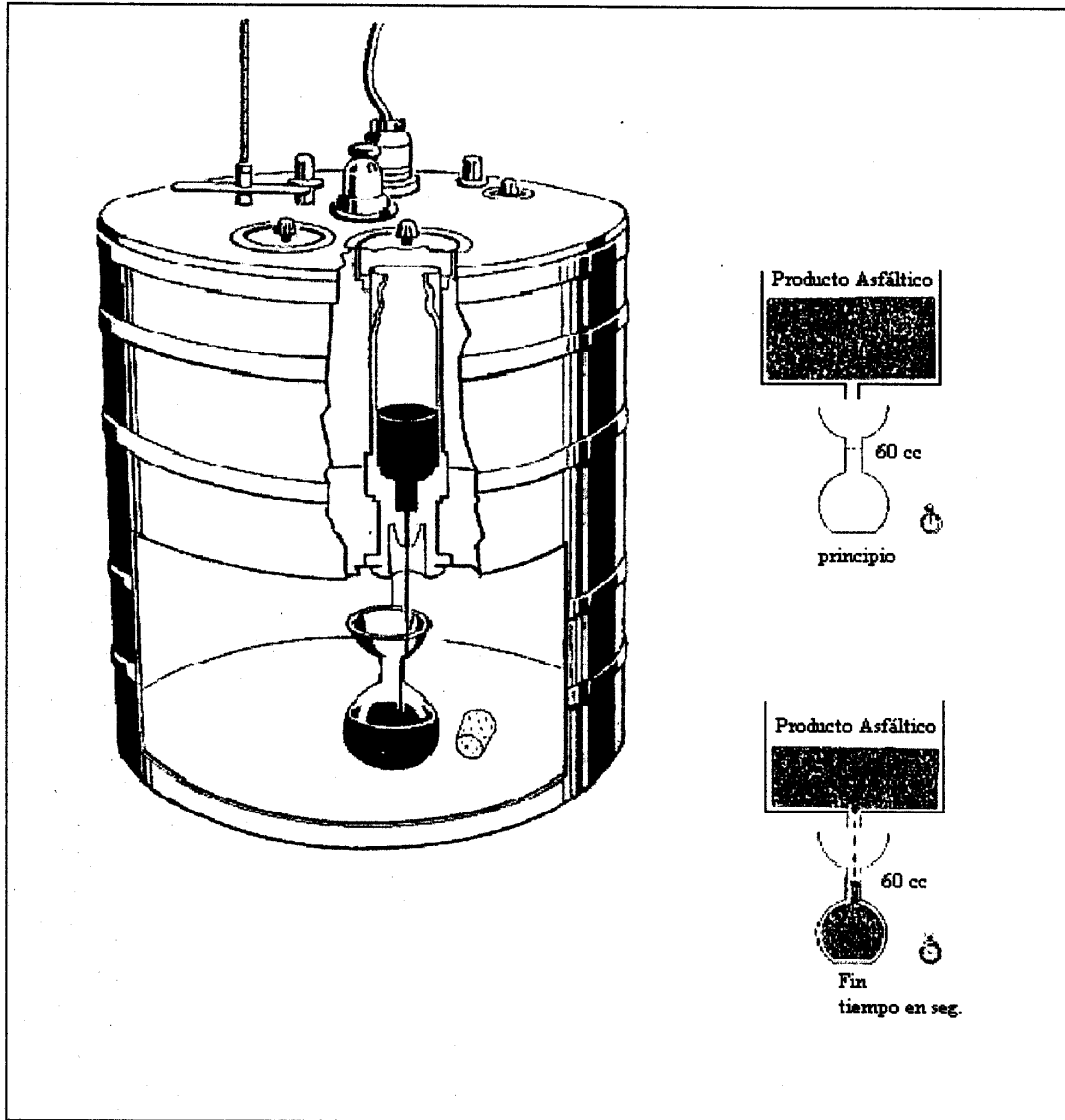


Fig. No. 6.4.5 Viscosímetro Saybolt - Furol

e).- Al efectuar esta prueba deberán tenerse las siguientes precauciones:

e1).- Llevar a cabo la prueba en lugares que no tengan corrientes de aire ni cambios bruscos de temperatura.

e2).- Evitar la formación de espuma o burbujas de aire, para lo cual el asfalto debe escurrir por la pared del cuello del matraz.

e3).- Limpiar el equipo de prueba antes y después de utilizarlo, empleando xilol o petróleo diáfano, siendo aconsejable aplicar una capa de aceite ligero en el tubo de viscosidad, cada vez que se termine una prueba.

e4).- Verificar periódicamente que las paredes interiores del baño y del tubo de viscosidad no tengan carbón o algunas otras impurezas.

6.4.4.- Prueba de Penetración en Asfaltos

La siguiente prueba no ayuda a determinar la consistencia de los cementos asfálticos, mediante la penetración vertical de una aguja en una muestra de dicho material bajo condiciones establecidas de peso, tiempo y temperatura; la profundidad a la que penetra la aguja mencionada se mide en décimos de milímetro.

a).- Equipo necesario para efectuar esta prueba es el siguiente:

Aparato de penetración o penetrómetro para asfaltos, adaptado para sujetar una aguja y provisto de un dispositivo para medir la profundidad de penetración de dicha aguja, en décimos de milímetro. También cuenta con un mecanismo que permite aproximar la aguja a la muestra y con pesas o lastres de (50) cincuenta y (100) cien gramos, Fig. No. 6.4.6.

Aguja de acero inoxidable totalmente endurecida y perfectamente pulida, con la forma y dimensiones mostradas en la Fig. No. 6.4.7 ; está montada en un casquillo de bronce o de acero inoxidable y sobresale de éste de (40 a 45) cuarenta a cuarenta y cinco milímetros.

Cápsula metálica o de vidrio refractorio, de forma cilíndrica, con fondo plano, diámetro interior de (55) cincuenta y cinco milímetros y altura de (45) cuarenta y cinco milímetros, aproximadamente.

Baño de agua con temperatura controlable hasta (50°C) cincuenta grados centígrados y aproximación de (0.1°C) cero punto un grado centígrado, con dimensiones y características que le permitan una capacidad mayor de (10) diez litros; estará provisto de un entrepaño con

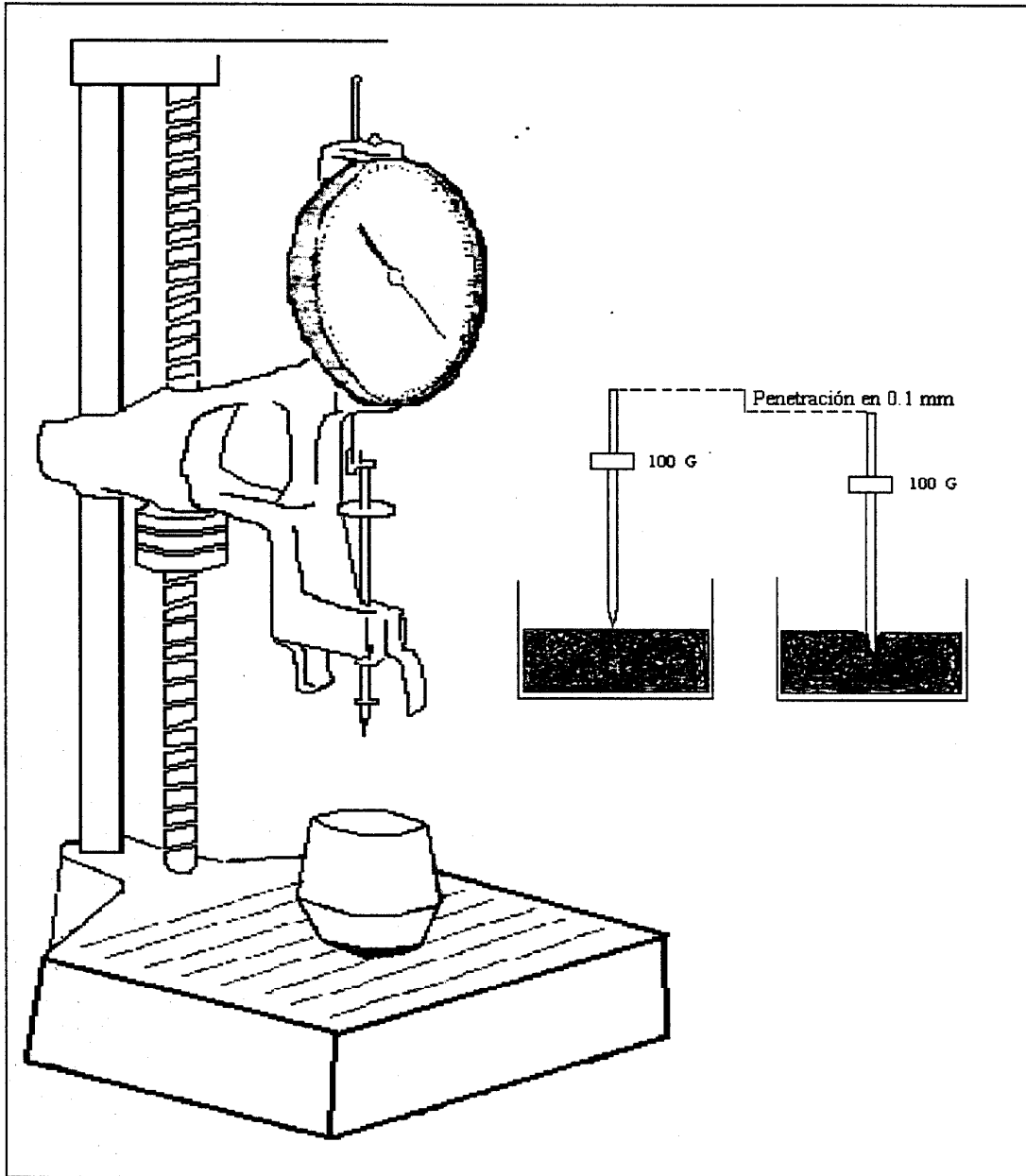


Fig. No. 6.4.6 Aparato de Penetración

perforaciones, colocado a no menos de (5) cinco centímetros del fondo del baño y a no menos de (10) diez centímetros de la superficie libre del líquido.

Recipientes cilíndricos de metal, plástico o vidrio, de forma adecuada para manejar y mantener sumergidos los recipientes que contienen la muestra de (350) trescientos cincuenta centímetros cúbicos de capacidad y con dispositivos para fijar convenientemente los recipientes que contienen las muestras.

Termómetro con graduaciones que abarquen de (19 a 27°C) diecinueve a veintisiete grados centígrados y aproximación de (0.1°C) cero punto un grado centígrado.

Cronómetro con aproximación de (0.2) cero punto dos segundos.

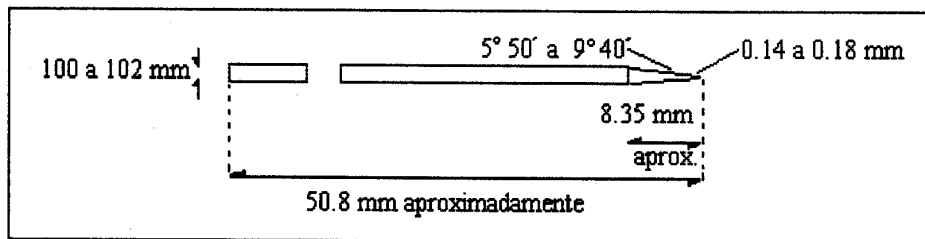


Fig. No. 6.4.7 Aguja para Prueba de Penetración

b).- La preparación de la muestra consistirá en calentarla cuidadosamente hasta que adquiera la fluidez suficiente para facilitar su vaciado en el molde de prueba, agitándola en forma continua con el objeto de distribuir la temperatura uniformemente, cuidando que en esta operación no se formen burbujas de aire, que la temperatura alcanzada no exceda de (130°C) ciento treinta grados centígrados y que el tiempo de calentamiento no sea mayor de (30) treinta minutos. Inmediatamente después se llena la cápsula con la muestra de prueba y se cubre adecuadamente para protegerla del polvo, dejándola enfriar hasta la temperatura ambiente.

c).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

c1).- Se coloca dentro del recipiente de manejo la cápsula que contiene la muestra de prueba, y se introducen en el baño de agua, que deberá estar a una temperatura de (25°C) veinticinco grados centígrados, sumergiéndolos completamente y se mantendrán así por espacio de (2) dos horas, con objeto de que el producto asfáltico adquiera dicha temperatura.

c2).- Se coloca el penetrómetro sobre una superficie plana, firme y sensiblemente horizontal, se le monta la aguja, se lastra para que el elemento que se desplaza tenga un peso de (10±0.1) cien más menos cero punto un gramos o el peso especificado para la prueba, y se nivela perfectamente.

c3).- Se saca del baño el recipiente de manejo conteniendo la muestra en su cápsula, cuidando que lleve agua suficiente para cubrir completamente la cápsula. Se coloca el conjunto sobre la base del penetrómetro de tal manera que la muestra quede abajo de la aguja y se ajusta la altura de ésta hasta que haga contacto con la superficie de la muestra, lo que se logrará haciendo coincidir la punta de la aguja con la de su imagen reflejada en la superficie de la muestra.

c4).- A continuación se hace coincidir la manecilla del penetrómetro con el (0) cero de su carátula y en seguida se oprime el sujetador para liberar la aguja únicamente durante (5) cinco segundos, tiempo especificado para la prueba, después de lo cual se toma la lectura y se registra en décimos de milímetro o grados de penetración. Se harán por lo menos (3) tres penetraciones sobre puntos de la superficie de la muestra, separados entre sí y de la pared del molde más de (10) diez milímetros, debiéndose limpiar cuidadosamente la aguja, después de cada penetración sin desmontarla y, de ser necesario para ajustar la temperatura a (25°C) veinticinco grados centígrados, se regresará la muestra con el recipiente de manejo al baño de agua. Para la limpieza de la aguja se utiliza un paño humedecido con tetracloruro de carbono, y después un paño seco y limpio.

c5).- Para penetraciones mayores de (225) doscientos veinticinco décimos de milímetros se emplean por lo menos (3) tres agujas, las que se irán dejando introducidas en la muestra al hacer las penetraciones.

d).- Se reporta como resultado de la prueba, el promedio, calculado con aproximación a la unidad, de (3) tres penetraciones por lo menos, cuyos valores no difieran en cantidades mayores a las mostradas en el siguiente cuadro:

Penetración, décimos de mm.	Diferencia permisible entre los valores de las penetraciones consideradas, décimos de mm.
0 - 49	2
50 - 149	4
150 - 249	6
250 ó más	8

La prueba se repetirá si las condiciones del cuadro anterior no se cumplen.

e).- Las causas más frecuentes de error en esta prueba son las siguientes:

e1).- Que no se cumplan los requisitos de la prueba en cuanto a temperatura y tiempo de penetración.

e2).- Que exista aire atrapado en la muestra de prueba.

e3).- Que no se tengan condiciones adecuadas de limpieza de la aguja, en el momento de la penetración.

e4).- Que la aguja no esté en contacto con la superficie de la muestra al iniciar la penetración.

e5).- Que la aguja toque el fondo del recipiente antes de finalizar el tiempo especificado.

6.4.5.- Prueba de Ductilidad

A continuación se describe el procedimiento de prueba para determinar la ductilidad de los cementos asfálticos, medida por la máxima distancia a la cual una briqueta de características especificadas puede ser estirada sin romperse, bajo condiciones de temperatura y velocidad de deformación establecidas.

a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Molde de latón para elaborar las briquetas, compuesto de (2) dos mordazas y (2) dos elementos laterales, de la forma y dimensiones mostradas en la Fig. No. 6.4.8

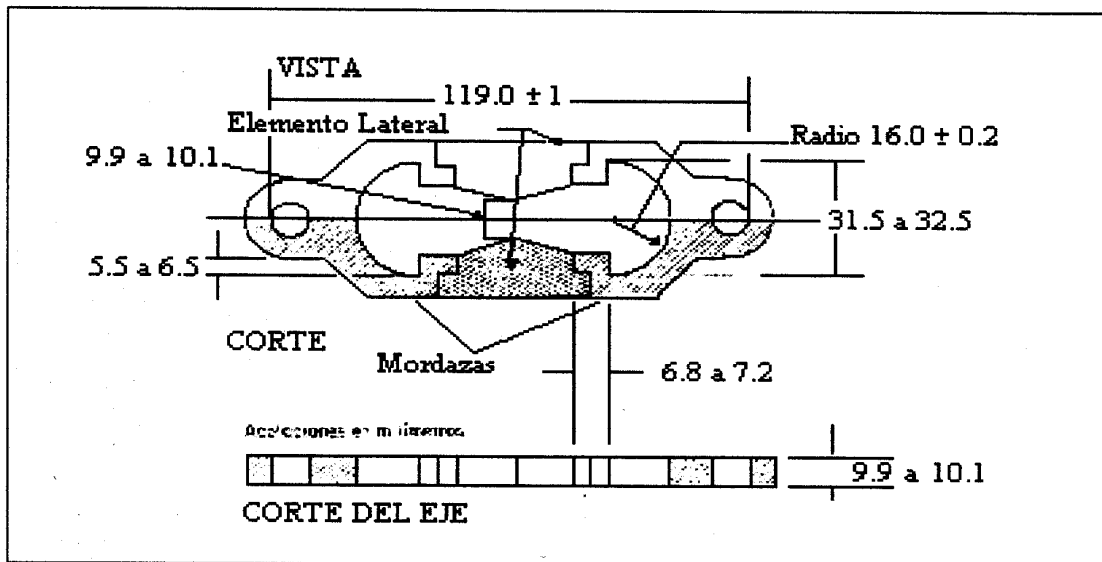


Fig. No. 6.4.8 Molde para la Prueba de Ductilidad

Placa de latón o de bronce con espesor de (2) dos milímetros aproximadamente, con superficie suficiente para apoyar los moldes de las briquetas.

Baño de agua que permita mantener la temperatura a $(25 \pm 0.5^\circ\text{C})$ veinticinco más menos cero punto cinco grados centígrados, con la forma y dimensiones adecuadas para tener una capacidad no menor de (10) diez litros y para que las muestras colocadas en un entrepaño perforado permanezcan sumergidas a no menos de (10) diez centímetros de la superficie libre del agua y a no menos de (5) cinco centímetros del fondo del baño.

Ductilómetro constituido fundamentalmente por un dispositivo para estirar la briqueta de cemento asfáltico a una velocidad uniforme y sin vibraciones perjudiciales, de tal manera que la muestra durante la prueba permanezca sumergida en agua en un tanque de material resistente a la corrosión, y a no menos de (2.5) dos punto cinco centímetros del nivel del agua y del fondo del tanque, Fig. No. 6.4.9

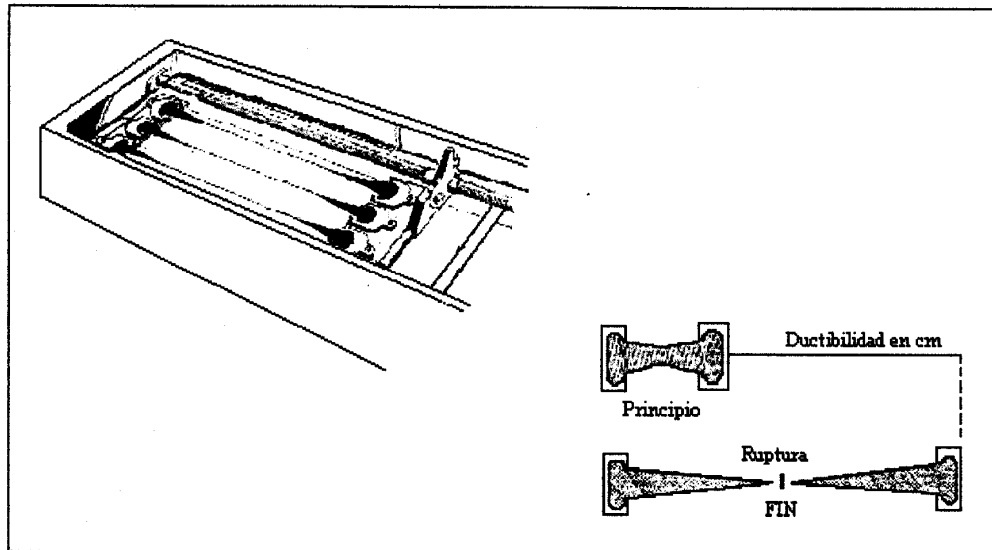


Fig. No. 6.4.9 Ductilómetro

Termómetro con graduaciones que abarquen de (-8 a +32°C) menos ocho a más treinta y dos grados centígrados, con aproximación de (0.1°C) cero punto un grado centígrado.

Malla Núm. 0.300.

Cloruro de sodio comercial.

Materiales para recubrir los moldes de las briquetas, como son: mezcla de ácido nítrico o clorhídrico y mercurio, o bien talco o caolín.

b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

b1).- Se preparan los (2) dos elementos laterales del molde y la placa de apoyo de las briquetas para evitar que se les adhiera el asfalto, aplicándoles con un paño o estopa una mezcla formada por (3) tres partes de ácido clorhídrico o nítrico y una parte de mercurio o bien, talco o caolín; hecho lo anterior se coloca el molde sobre su placa de apoyo y se ajusta dejándolo en posición horizontal.

b2).- A una muestra de cemento asfáltico obtenida como se indica en la cláusula, se le calienta lo indispensable para que adquiera la fluidez suficiente y se facilite su vaciado; se pasa a

través de la malla Núm. 0.300, después de lo cual se agita perfectamente y se vacía cuidadosamente en el molde formando un chorro delgado que se mueve de adelante hacia atrás y de un extremo a otro del molde, hasta rebasar ligeramente el nivel de enrase, evitando la formación de burbujas.

b3).- A continuación, se deja enfriar el molde conteniendo el material asfáltico y colocado sobre la placa de apoyo, a la temperatura ambiente durante (30) treinta a (40) cuarenta minutos, después de lo cual se coloca en el baño de agua a la temperatura de $(25 \pm 0.5^\circ\text{C})$ veinticinco más menos cero punto cinco grados centígrados durante (30) treinta minutos; transcurrido este tiempo se saca del baño el molde sobre la placa de apoyo, conteniendo el cemento asfáltico y se enrasa cortando el exceso de éste con un cuchillo o espátula de borde recto previamente calentado para facilitar el corte.

b4).- El molde sobre su placa de latón y conteniendo la briqueta se vuelven a calentar en el baño de agua a la temperatura de $(25 \pm 0.5^\circ\text{C})$ veinticinco más menos cero punto cinco grados centígrados durante (90 ± 5) noventa más menos cinco minutos, después de lo cual se retiran los elementos laterales del molde y de inmediato se instala la briqueta con sus mordazas en el ductilómetro, sujetando los extremos de éstas en los postes o ganchos del aparato, debiendo quedar el nivel del agua a no menos de (2.5) dos punto cinco centímetros de la cara superior de la briqueta. El agua del ductilómetro se acondiciona previamente para que a una distancia máxima de (2.5) dos punto cinco centímetros alrededor de la briqueta, permanezca a $(25 \pm 0.5^\circ\text{C})$ veinticinco más menos cero punto cinco grados centígrados.

b5) Se pone en marcha el mecanismo de prueba a la velocidad de (5) cinco centímetros por minuto, con una variación de $(\pm 5\%)$ más menos cinco por ciento, hasta producir la ruptura de la briqueta; en este momento se lee el desplazamiento de la mordaza y se registra en centímetros.

c).- Se reporta como ductilidad del cemento asfáltico, la longitud en centímetros que se desplazó la mordaza para lograr la ruptura de la briqueta.

d).- Las causas más frecuentes de error en esta prueba son:

d1).- Que existan burbujas de aire dentro de la briqueta.

d2).- Que al estirarse la briqueta ésta toque el fondo del tanque del ductilómetro o la superficie del agua; en este caso se repetirá la prueba agregándole al agua del tanque sal común para aumentar su densidad o alcohol metílico para disminuirla y lograr que la probeta al ser estirada se mantenga en posición sensiblemente horizontal.

6.4.6.- Prueba de Solubilidad en Cementos Asfálticos

En este inciso se describe la prueba para determinar el grado de solubilidad que tienen los cementos asfálticos y consiste esencialmente en disolver en tetracloruro de carbono o tricloroetileno una muestra de cemento asfáltico filtrándola a través de una capa de fibra de asbesto, en donde se retiene la fracción insoluble. Los resultados de la prueba sirven para conocer la pureza del asfalto en cuanto a su contenido de sustancias sólidas.

a).- El equipo y materiales necesarios para efectuar esta prueba son los siguientes:

Crisol Gooch porcelanizado excepto en su base, con diámetro superior de (44) cuarenta y cuatro milímetros, diámetro de la base de (36) treinta y seis milímetros y altura de (25) veinticinco milímetros; estas dimensiones son aproximadas.

Matraz Erlenmeyer de (125) ciento veinticinco centímetros cúbicos de capacidad.

Matraz de filtración de (500) quinientos centímetros cúbicos de capacidad, provisto de conexión para la bomba de succión.

Adaptador de neopreno con diámetro interior de (41 ± 1) cuarenta y uno más menos un milímetros, para acoplar el crisol Gooch al matraz de filtración, provisto de tubo de descarga.

Horno con termostato que mantenga una temperatura de $(105 \pm 5^\circ\text{C})$ ciento cinco más menos cinco grados centígrados.

Bomba de succión o trompa de vacío.

Balanza analítica.

Desecador de cristal con cloruro de calcio anhidro.

Fuente de calor de flama abierta.

Asbesto seleccionado de fibras largas, variedad anfíbola, lavado en ácido, para crisol Gooch.

Tetracloruro de carbono o tricloroetileno.

b).- La prueba se efectúa en la forma siguiente:

b1).- Se desmenuzan de (20 a 30) veinte a treinta gramos de asbesto, se ponen en un litro de agua destilada y se agitan para formar una suspensión dispersa y uniforme.

b2).- Se monta el equipo de filtración, se coloca en el fondo del crisol parte del asbesto en suspensión y se deja en reposo hasta que se asiente; a continuación, se aplica una ligera succión

para eliminar el agua y formar una capa firme de asbesto en el fondo del crisol. Se agrega nuevamente asbesto en suspensión y se succiona hasta formar una capa que pese (0.5 ± 0.1) cero punto cinco más menos cero punto un gramo, después de someterse al proceso de calcinación indicado en el inciso b3) de éste párrafo.

b3).- Se desmonta el crisol y se lava con agua la capa de asbesto; en seguida se seca dicho crisol en el horno y se calcina al rojo hasta su peso constante, colocándolo sobre una flama abierta, después de lo cual se deja enfriar en el desecador; a continuación se pesa y registra su peso como W_i con aproximación de (0.1) cero punto un miligramo y se conserva en el desecador en tanto se utiliza.

b4).- A una muestra de cemento asfáltico obtenida como se indica en la cláusula, se le calienta lo indispensable para homogeneizarla y se agita, cuidando que no se alcancen temperaturas superiores a (130°C) ciento treinta grados centígrado; hecho lo anterior, se vierten en el matraz Erlenmeyer (2) dos gramos de la muestra aproximadamente y se registra su peso como W_m con aproximación de (1) un miligramo. A continuación se agregan en pequeñas porciones (100) cien centímetros cúbicos de tetracloruro de carbono o tricloroetileno según sea el solvente seleccionado, agitando en forma continua hasta disolver totalmente la parte soluble del asfalto y cuidando que las partículas insolubles no se adhieran a las paredes del matraz, después de lo cual se tapa éste y se deja en reposo durante (15) quince minutos como mínimo.

b5).- Se instala el crisol Gooch preparado como se indica en el inciso b3) de éste párrafo, en el matraz de filtración debidamente acoplado a la bomba de succión y se humedece la capa de asbesto en el crisol, vaciándole una pequeña cantidad del solvente seleccionado, después de lo cual se decanta cuidadosamente la solución de asfalto contenida en el matraz Erlenmeyer y se hace pasar por la capa de asbesto del crisol, succionado ligeramente, si es necesario, para facilitar el paso de la solución. Se lava el interior del matraz con pequeñas cantidades del solvente seleccionado y se vierte esta solución sobre la capa de asbesto; a continuación se lava el contenido del crisol con el solvente hasta que éste salga incoloro y se succiona para eliminarlo del crisol.

b6).- A continuación se desmonta el crisol y se lava exteriormente con el disolvente utilizado, después de lo cual se seca sobre la superficie exterior de un horno, hasta que no se perciba olor a solvente, completando su secado dentro del horno a la temperatura de $(105 \pm 5^\circ\text{C})$ ciento cinco más menos cinco grados centígrados durante (20) veinte minutos como mínimo; se enfría en el desecador durante (30 ± 5) treinta más menos cinco minutos y se determina su peso con aproximación de un miligramo; se repite esta operación de secado en el horno hasta obtener peso constante, el cual se registra como W_f .

c).- En esta prueba se calcula y reporta la fracción soluble del cemento asfáltico como sigue:

$$S = \frac{W_m - (W_f - W_i)}{W_m} * 100 = \left[\frac{W_f - W_i}{W_m} \right] * 100$$

En donde:

S es la solubilidad del cemento asfáltico, en por ciento.

W_m es el peso de la muestra de cemento asfáltico, en gramos.

W_f es el peso del crisol preparado conteniendo el material insoluble, en gramos.

W_i es el peso del crisol preparado, en gramos.