



## BOLETÍN TÉCNICO

DGST No. 2/2020

# Cemento Asfáltico,

## Origen y Clasificación para su uso en las obras de Infraestructura Carretera

**Contar con el asfalto adecuado para un desempeño satisfactorio de las mezclas asfalto-material pétreo, es elemental para lograr el servicio esperado de la mezcla asfáltica en el pavimento. De ahí la importancia de éste, y la necesidad de hacer una selección adecuada para una obra determinada, en función del clima, la intensidad de tránsito esperada y la velocidad de operación a la que estará sujeta la carretera durante su vida útil, condiciones que permiten seleccionar el grado de desempeño del asfalto necesario para cada obra.**

El asfalto es un material bituminoso de color negro, constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad; es sólido o semisólido y tiene propiedades cementantes a temperatura ambiente. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida.

Para abastecer el consumo de asfalto por parte de la industria de la construcción, este se obtiene por medio del proceso de refinación del petróleo, al que se le conoce como destilación fraccionada del petróleo crudo, consiste en obtener el crudo desde el yacimiento por medio de la extracción por bombeo, pasando por un tratamiento para separación de

impurezas oleofóbicas, el cual consiste en la separación de gases, lodos e impurezas, para posteriormente ser trasladado hasta la refinería donde se realizará el proceso de destilación. Según sea el caso el transporte puede ser en autotanque, a través de tubería, o mediante un buque cisterna en alta mar. Una vez en la refinería se calienta el crudo dentro de una torre de destilación, donde se extraen fracciones de este y no productos puros, cada una de las fracciones se destilan a diferentes temperaturas, de esta manera las sustancias se van desprendiendo de manera ordenada, esto se realiza a presión atmosférica y se continua con una segunda destilación a temperatura más elevadas sujeta al vacío.

Los agentes volátiles que presenta el petróleo contienen gas propano y butano; nafta (materia prima para producir gasolina), combustibles (como gasolina, queroseno y diésel). La porción del producto en bruto que no se volatiliza se llama "crudo largo", y se refina adicionalmente en una torre de destilación al vacío. El residuo de la destilación a vacío se conoce como "crudo corto", este residuo se divide en dos, uno es enviado a la planta de reducción de viscosidad o a la hidrosulfuradora de residuales H-Oil para la producción de combustóleo

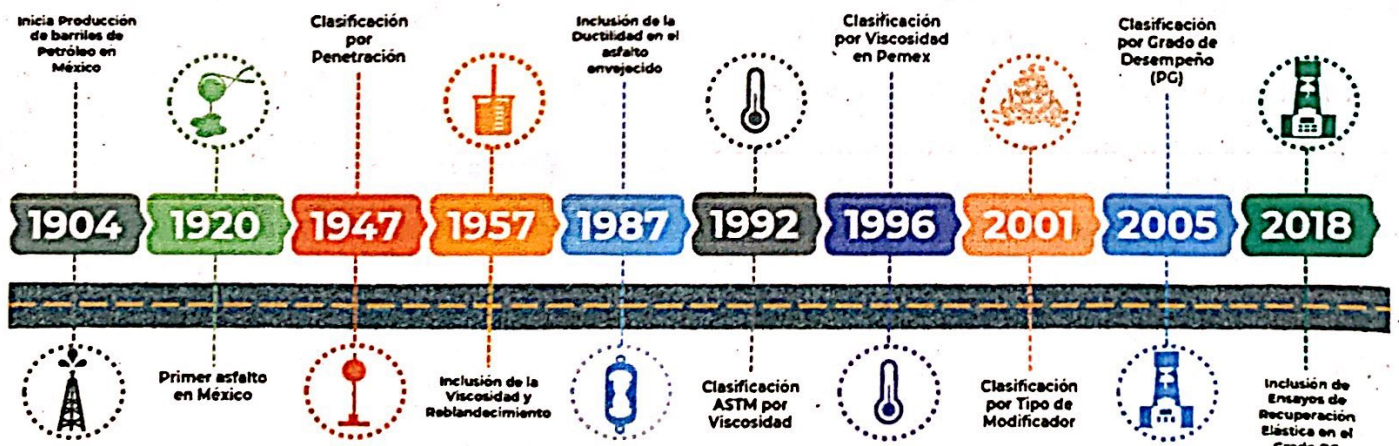


Figura 1 Histórico de clasificaciones de los asfaltos en México



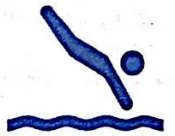
Figura 2 Proceso de Destilación del Petróleo

Las resinas (tolueno/metanol) van de un 55% a un 75% proporcionan las propiedades cementantes o aglutinantes al asfalto (partículas semisólidas o sólidas a temperatura ambiente, fluidas cuando se calientan, frágiles cuando se enfrían), proveen la ductilidad del asfalto.



Los aceites (aromáticos toluenos y saturados n-heptano) tienen presencia de un 5% hasta un 25%, proporcionan la consistencia adecuada para hacer los asfaltos trabajables (partículas líquidas

incolores, solubles en la mayoría de los solventes), protegen los asfaltenos y las resinas de la oxidación, un asfalto con gran porcentaje de este componente presentará una consistencia muy fluida.



Estas proporciones son las que comúnmente se espera presente cualquier asfalto producto de la refinación; no obstante, se han encontrado casos atípicos en los cuales estos porcentajes pueden estar fuera.

y el otro a la planta de preparación del asfalto. En la Figura 2 se muestran las etapas de la refinación del petróleo.

Un factor determinante en la calidad final del residuo de la destilación al vacío es el proceso y la demanda de los diversos materiales producto de la refinación, así como, de la calidad del petróleo extraído de los yacimientos. Las propiedades de los asfaltos obtenidos mediante este proceso presentarán variaciones a lo largo del tiempo, por lo tanto, el comportamiento físico-químico del asfalto presentará una gran variación de acuerdo con estas propiedades.

Debido a que la composición química del asfalto es muy compleja, cada lote presenta ciertas particularidades y no necesariamente presentarán el mismo comportamiento que algún otro lote de producción de asfalto.



## PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL ASFALTO

Las proporciones relativas de los tres componentes del asfalto determinan sus propiedades físicas.



Los asfaltenos van de un 5% hasta un 25%, son los encargados de proporcionar la dureza a los asfaltos (partículas sólidas), proveen elasticidad, resistencia y adhesión, los asfaltos con gran presencia de asfaltenos son aquellos que presentan una alta viscosidad.

- El Principal productor de asfalto en México es Pemex.
- El Principal consumidor de asfalto en México es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para las obras de la Infraestructura Carretera.
- Pemex no vende asfalto directamente a constructores, la paraestatal cuenta con una lista de clientes que se encargan de distribuir el asfalto a lo largo del País.
- Pemex ofrece a sus clientes la calidad del asfalto residuo de la refinación del Petróleo, esta es variable de acuerdo con las características que presente el crudo extraído de los diferentes yacimientos.
- Algunos proveedores ofrecen asfalto de transferencia, este corresponde a la calidad del asfalto a la salida de la refinería. Es decir, el proveedor no interfiere en el control de su calidad, y en ocasiones este no corresponde a asfalto grado PG 64-22 siendo de menor desempeño, por lo que es necesario hacer los ensayos correspondientes para conocer la calidad que llega a las obras.





El asfalto es el insumo con mayor impacto económico dentro de los trabajos de Construcción, Modernización, Reconstrucción y Conservación de las obras a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Una de las prioridades en la actualidad para la SCT es la de preservar el estado de serviciabilidad que guardan las vialidades del país, así como, el conocer cuáles son los factores que mejoran o afectan las inversiones en este tipo de obras y con ello el nivel de servicio proporcionado al usuario.

Al ser el asfalto un componente fundamental en la conformación y en el desempeño de la mezcla asfáltica ya sea como capa estructural o de rodadura, la calidad de éste influye de manera directa en la calidad del pavimento y en el desempeño que podrá presentar a lo largo de su vida útil.

Derivado de lo anterior queda claro que el asfalto es un producto variable en sus propiedades, por lo que éstos deben ser verificados a través de ensayos de laboratorio de sus propiedades físicas y no de sus propiedades químicas.

## CLASIFICACIÓN DEL ASFALTO

En México, aproximadamente en 1920, la compañía El Águila elaboró el primer producto asfáltico, se identificó como asfalto Pánuco. La primera clasificación de asfalto que se tiene registro data del año 1947, dentro de las *Especificaciones de Caminos* de la Dirección Nacional de Caminos de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), se denominaba asfalto 15-200 a aquellos que cumplieran con los siguientes requisitos de calidad:

- Penetración a 25 °C
- Pérdida por Calentamiento
- Penetración del residuo a 25 °C
- Solubilidad en S2. C y en Cl4. C
- Ductilidad a 25 °C



En 1957 la SCOP emite las *Especificaciones Generales de Construcción* donde se clasifican los asfaltos según su grado de penetración; con cuatro diferentes tipos: los cementos número 3, 6, 7 y 8. Las pruebas especificadas para esta nueva clasificación se complementan con los ensayos de la clasificación de 1947:

- Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C
- Punto de Inflamación (copa abierta de Cleveland)
- Punto de Reblandecimiento



En 1996 Pemex presentó la clasificación del asfalto por viscosidad: AC-5, AC-10, AC-20 y AC-30, con fines de cumplir con la norma ASTM 1992 (grado de viscosidad) y seguir exportando asfalto a Estados Unidos de América. En esta clasificación se retiró la ductilidad del asfalto en sus condiciones originales a 25°C y se incluyeron los ensayos:

- Viscosidad dinámica a 60 °C
- Viscosidad cinemática a 135 °C
- Ductilidad después de la pérdida por calentamiento
- Viscosidad dinámica después de la pérdida por calentamiento



Ante la necesidad de modificar los asfaltos para mejorar sus propiedades viscoelásticas, en 2001 se publicó la clasificación de asfalto de acuerdo con el tipo de modificador empleado considerando Polímeros y Hule

molido de neumático. Fue hasta el 2005 cuando se presentó la clasificación de acuerdo con el grado de desempeño, para altas temperaturas: 64°C, 70°C, 76°C, 82°C y 88°C y para bajas temperaturas -22°C, -28°C, -34°C y -40°C, no obstante, ésta tuvo su origen en 1987 como resultado del Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (SHRP, Strategic Highway Research Program) por parte de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA, Federal Highway Administration). Esta clasificación incluye los ensayos:



- Viscosidad Rotacional a 135°C
- Módulo reológico de corte dinámico con el equipo DSR (Dynamic Shear Rheometer) del asfalto en condiciones originales de muestreo y del que se





*Cuando Pemex adoptó la clasificación de los asfaltos por grado de desempeño se realizaron pruebas para caracterizarlos, encontrándose que los asfaltos que en ese momento se producían eran PG 64-22, que aparentemente era igual a un AC-20, no es que sean iguales o diferentes, un asfalto puede ser clasificado por viscosidad o por grado de desempeño, podrá o no cumplir con los requisitos de calidad de una u otra clasificación, de acuerdo con sus propiedades evaluadas.*

envejece con el horno Rotatorio de Película Delgada (RTFO, Rolling Thin-Film Oven)

- Ensayo en la Vasija de Envejecimiento a Presión (PAV, Pressure Aging Vessel) y en el Horno de Desgasificación al Vacío (VDO, Vacuum Degassing Oven)
- Rigidización obtenida con el DSR
- Módulo de Rigidez a Flexión en el Reómetro de la Viga a Flexión (BBR, Bending Beam Rheometer)

De igual manera se retiraron los ensayos de:

- Penetración a 25 °C
- Viscosidad dinámica a 60 °C
- Viscosidad cinemática a 135 °C
- Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C
- Punto de Reblandecimiento
- Solubilidad
- Penetración retenida
- Ductilidad después de la pérdida por calentamiento
- Viscosidad dinámica después de la pérdida por calentamiento

La selección del asfalto de acuerdo con el grado de desempeño (PG, Performance Grading) se aplicó en Estados Unidos a partir de las pruebas realizadas por el SHRP. Uno de los objetivos principales de este programa fue medir las propiedades reológicas del asfalto en función de la temperatura de prueba.

En México, en 2018, entró en vigor la actualización de la norma para la clasificación del asfalto grado PG: N-CMT-4-05-004/18, Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG), de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con la cual se puede realizar la correcta selección del

asfalto, en función de la calidad requerida de acuerdo con las ecuaciones que se presentan en esta norma, haciendo una selección del asfalto de manera particular para cada proyecto, que depende de la intensidad del tránsito vehicular, la velocidad de operación, así como, las condiciones ambientales que pueden afectar el desempeño del asfalto. En la actualización de la norma antes referida se incluyeron los siguientes ensayos:

- Punto de Reblandecimiento
- Separación, diferencia anillo y esfera
- Recuperación elástica por torsión 25°C
- Recuperación elástica en ductilómetro
- Prueba de Esfuerzo Deformación Recuperación Múltiple (MSCR, Multi Stress Creep and Recovery) de la que se obtiene el Nivel de Ajuste y el Jnr del asfalto a 3,2 kPa



En la Tabla 1 se presenta un resumen de las clasificaciones de cemento asfáltico en México. Se puede observar que la prueba que ha prevalecido desde la primera clasificación es el ensayo para la obtención de la pérdida por calentamiento. En la clasificación por grado de desempeño se eliminaron considerablemente las pruebas empíricas, no obstante, se incluyeron algunas en la normativa actual para verificar la recuperación elástica de los asfaltos al incluirle un agente modificador.

En la industria de la construcción dependemos de la calidad de cemento asfáltico que entregue la Paraestatal Pemex; en la actualidad, Pemex utiliza la clasificación por grado de desempeño y por lo general entrega cemento asfáltico Grado PG 64-16 ó 64-22, sin embargo, este puede ser clasificado como el solicitante lo requiera.



Un cemento asfáltico puede ser identificado con cualquiera de las diferentes clasificaciones de asfalto antes descritas. Es decir, un asfalto grado PG no es un súper asfalto comparado con un asfalto clasificado por penetración o por viscosidad, dependerá de sus propiedades de acuerdo con los resultados que presente en cada ensayo.





Tabla 1 Clasificaciones de Asfalto en la Historia en México

Ensayos Realizados a los Cementos Asfálticos		Clasificación				
		15-200 (1920)	Por penetración 1957	Por Viscosidad Dinámica a 60 °C	Grado PG	Según su Grado de Desempeño
1	Penetración a 25 °C	X	X	X	--	--
2	Punto de Inflamación Cleveland	--	X	X	X	X
3	Viscosidad dinámica a 60 °C	--	--	X	--	--
4	Viscosidad cinemática a 135 °C	--	--	X	--	--
5	Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C	--	X	X	--	--
6	Viscosidad rotacional a 135°C	--	--	--	X	X
7	Punto de Reblandecimiento	--	X	X	--	X
8	Ductilidad a 25 °C	X	X	--	--	--
9	Solubilidad	X	X	X	--	--
10	Separación, diferencia anillo y esfera	--	--	--	--	X
11	Recuperación elástica por torsión 25°C	--	--	--	--	X
12	Módulo reológico de corte dinámico	--	--	--	X	X
13	Pérdida por calentamiento	X	X	X	X	X
14	Penetración retenida	X	X	X	--	--
15	Ductilidad después de la pérdida por calentamiento	--	--	X	--	--
16	Viscosidad dinámica después de RTFO	--	--	X	--	--
17	Módulo reológico de corte dinámico después de RTFO	--	--	--	X	X
18	Recuperación elástica en ductilómetro	--	--	--	--	X
19	Nivel de Ajuste (MSCR)	--	--	--	--	X
20	Jnr a 3,2 kPa en MSCR	--	--	--	--	X
21	Envejecimiento PAV	--	--	--	X	X
22	Rigidización (G*sen δ)	--	--	--	X	X
23	Rigidez de Flexión	--	--	--	X	X
<b>TOTAL DE ENSAYOS</b>		<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
ENSAYOS INCLUIDOS		--	3	4	6	6
ENSAYOS RETIRADOS		--	0	1	9	0

Con palabras más sencillas, si a un laboratorio de control de calidad se le entrega un asfalto sin identificación, este podrá realizar las pruebas necesarias para caracterizar el asfalto de acuerdo con los requisitos de calidad establecidos para las diferentes clasificaciones. Cuando un laboratorio de control de calidad recibe un cemento asfáltico para su clasificación realizará ensayos de laboratorio correspondientes de acuerdo con la clasificación que indique el solicitante y así caracterizarlo como se muestra el diagrama en la Figura 3.



Es importante se defina el tipo de asfalto que se requiere para las obras de construcción, modernización, reconstrucción y conservación de la Red Carretera Federal considerando que la



Figura 3 Proceso caracterización de asfalto

clasificación que toma en cuenta las necesidades y exigencias actuales es la norma para clasificación de asfalto grado PG: N-CMT-4-05-004/18, Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG), la cual, como se mencionó anteriormente, está en función de la intensidad vehicular, velocidad de operación, y clima del lugar de aplicación.

Una vez definido el tipo de asfalto requerido será conveniente solicitar al distribuidor el reporte de calidad de Pemex, así como el reporte del control de calidad del distribuidor.

Es elemental, que el asfalto como cualquier material de construcción, requerirá de registro del control de calidad, por lo que será necesario contar con personal capacitado y del equipo necesario para su ensayo.

### REFERENCIAS

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. **Normativa para la Infraestructura del Transporte**. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.

Asphalt Institute. **Asphalt Binder Testing, Technician's Manual for Specification Testing of Asphalt Binders, MS-25**. Asphalt Institute, EUA, 2014.

Manuel Tinoco Zamudio, **Historia y Evolución de las Mezclas Asfálticas en las Carreteras de México**. Asociación Mexicana del Asfalto, México, 2011.

Dirección Nacional de Caminos, **Especificaciones de los Caminos**. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, México, 1947.

Dirección Nacional de Caminos, **Especificaciones Generales de Construcción**. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, México, 1957.