

IAG295-01-2013
MANEJO DEL ASFALTO EN SU FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y
ALMACENAJE.

GESTÃO DE ASFALTO EM TRANSPORTE, FABRICAÇÃO E
ARMAZENAMENTO

Autor: José Ramón Soto
Perenco Guatemala Limited
Guatemala, Guatemala
rsoto@gt.perenco.com

Co-Autor: Rodrigo Urréjola
Perenco Guatemala Limited
Guatemala, Guatemala
rurrejola@gt.perenco.com

Resumen

Dadas las características de hidrocarburo del asfalto, existen varios aspectos que deben cuidarse en la producción, almacenamiento y manipulación del mismo. El constructor normalmente no está informado completamente de los mismos y en este trabajo se explican cada uno de los cuidados separándolos en aspectos de Seguridad y aspectos de Calidad. Finalmente se da una serie de recomendaciones que deben observarse minimizar los riesgos de su uso.

Resumo

Dadas as características de hidrocarboneto do asfalto, há vários aspectos que devem se cuidar na produção, armazenamento e manipulação do mesmo. O construtor geralmente não está plenamente informado dos mesmos e neste artigo vão se explicar cada um dos cuidados, separados em aspectos de segurança e de qualidade. Finalmente, dá uma série de recomendações a serem levadas em conta pra minimizar os riscos no seu uso.

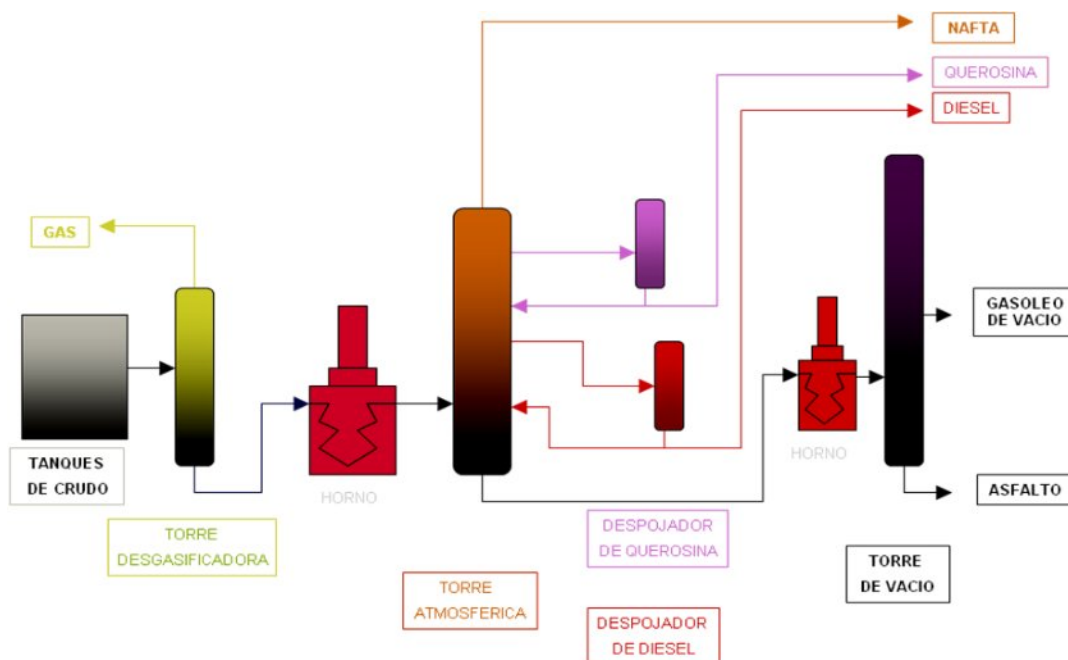
INTRODUCCIÓN

Las carreteras ocupan un lugar importante dentro del desarrollo de un país, proveyendo vías de comunicación confiable y necesaria para el crecimiento del comercio, industria y turismo del país.

Las ventajas del asfalto en la construcción mantenimiento de carreteras es su gran versatilidad. Aún cuando es un semisólido a temperatura ambiente, puede ser licuado mediante calentamiento, se puede disolver en distintos solventes para modificar sus propiedades, posee gran adherencia, es fuerte, a prueba de agua y durable. Y además es muy resistente a la mayoría de aceites, álcalis y sales.

El asfalto es un producto derivado del petróleo, proviene de los proceso de separación de Refinerías de Petróleo. La destilación atmosférica y destilación al vacío, donde se fracciona la composición del crudo, debido a las propiedades termodinámicas que posee, logra separar el asfalto de otros componentes más volátiles.

Figura 1. Proceso simplificado de Refinación del Asfalto



En el proceso de Refinación el crudo se fracciona en sus distintos componentes en la torre atmosférica, produciendo nafta, queroseno, gasóleo (Diesel) y un residuo.

Seguidamente el residuo se envía a la torre de vacío donde se destila separando dos fracciones, un gasóleo al que se le llama Gasóleo de vacío (VGO por sus siglas en inglés) y el bitumen.

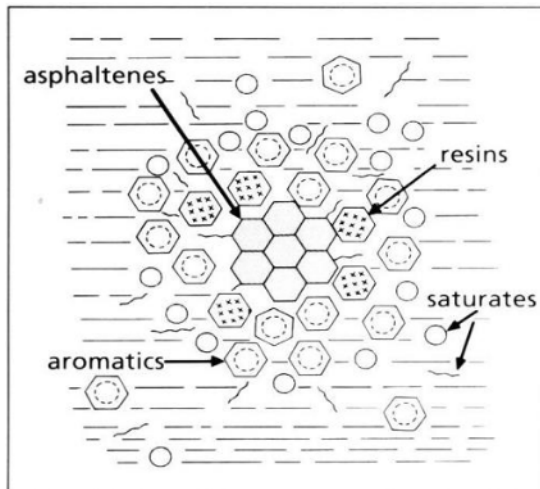
De acuerdo a las condiciones de temperatura, presión de vacío y cantidad de vapor despojador de esta torre se logra obtener en el fondo de la torre la mezcla correcta de VGO y bitumen que forman el asfalto según la calidad que se desee.

Así pues la calidad del asfalto dependerá de dos aspectos: La naturaleza del Crudo que se usa como materia prima y las condiciones de operación de la unidad de destilación al vacío y tiene características que están muy relacionadas con su naturaleza de hidrocarburo.

Propiedades Fisicoquímicas del Asfalto

El asfalto es una serie de hidrocarburos de cadena larga normalmente cíclicos y aromáticos con más de 20 y un peso molecular mayor que 400 g/mol^1 y hasta 1000 g/mol^2 , es llamado también bitumen dado a que sus componentes son solubles en Disulfuro de carbono en casi su totalidad.

Figura 2. Estructura química del asfalto¹



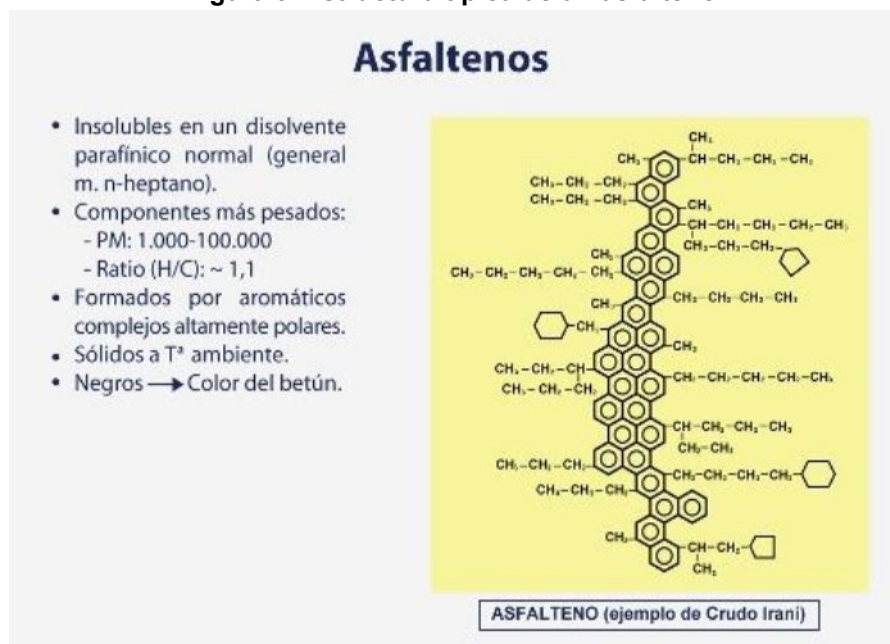
La naturaleza del asfalto, está íntimamente ligada a la naturaleza del crudo, la concentración de asfaltenos (compuestos no solubles en n-heptano) y la proporción de aromáticos en los maltenos (compuestos solubles en n-heptano que pueden ser: aromáticos, parafinas y resinas) producirán una estructura coloidal tipo sol o tipo gel, dándole al asfalto mayor o menor ductilidad, resistencia con el tiempo o susceptibilidad a los cambios de temperatura²

¹ Subiaga, Alicia; Cuattrocchino, Adrián. 2,005. Propiedades Reológicas del Asfalto, XIII CILA

² Repsol. 2,000-2,013. Fisicoquímica del Asfalto,

http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/documentos_y_publicaciones/conferencia/Default.aspx

Figura 3. Estructura típica de un asfalteno²



Debido a sus características fisicoquímicas de hidrocarburo hay una serie de aspectos que deben cuidarse en la producción, almacenamiento y manipulación. Estas son separadas en dos categorías:

- Seguridad
- Calidad

Las propiedades que lo caracterizan son:

- **Densidad:** El asfalto es más pesado que el agua.

Transporte y Medio Ambiente: Esto tiene repercusiones sobre la cantidad de asfalto que se puede transportar de acuerdo a los ejes de los camiones y de su recuperación en caso se derramara por accidente en un cuerpo de agua.

Proceso: Asimismo, durante la preparación de emulsiones asfálticas.

- **Viscosidad:**

Manipulación: El asfalto es un fluido pseudoplástico y por tanto tiende a ser muy viscoso a casi sólido e impráctico de manejar a bajas temperaturas y mejorar su viscosidad logarítmicamente a temperaturas arriba de 115°C.

Las especificaciones del asfalto aprobadas por AASHTO y ASTM miden la viscosidad cinemática a 135°C que es la temperatura a la que normalmente se aplica el mismo. Y la viscosidad a 60°C que la temperatura a la que una carretera se supone que típicamente puede llegar.

Seguridad: Esto además hace que el asfalto se deba manejar a temperaturas de 150°C durante su transporte y almacenamiento, lo que conlleva un peligro de quemaduras si

las tuberías o tanques no están debidamente aislados y los trabajadores no tienen el equipo de protección personal adecuado.

- **Solubilidad en CS₂ (o Pureza)**

Calidad: (por razones de seguridad en el manejo de los solventes en el laboratorio se usa el Tricloroetileno en vez del disulfuro de carbono), la solubilidad mide la cantidad de bitumen que contiene un asfalto y debe ser mayor al 99% debido a la forma de producción del asfalto podría estar contaminado con fracciones más pesadas, coque o poseer cenizas que darían problemas de calidad al aplicarlo o mezclarlo con otros componentes o emulsionantes para agua.

- **Ductilidad:**

Calidad: La ductilidad después del envejecimiento del asfalto (proceso de evaporación y oxidación que se da al meteorizar el asfalto) nos da una idea de que tan quebradizo y durable puede permanecer.

- **Consistencia (Penetración)**

Calidad: Es una medida empírica de la dureza del asfalto a 25°C, por ser sencilla la prueba aún tiene vigencia en varios países y caracteriza al asfalto y es más o menos correlacionable con la viscosidad.

- **Las propiedades que conserva después de su envejecimiento:**

Calidad: La viscosidad, la pérdida o ganancia de masa y la ductilidad que se logran después de la meteorización del asfalto y su relación con las del asfalto virgen son muy importantes para determinar su durabilidad y desempeño.

- **Punto de inflamación:**

Seguridad: Es la temperatura a la que el asfalto puede inflamarse y provocar un incendio o una quemadura, la especificación del asfalto es mayor a 232°C y normalmente el asfalto se trabaja o almacena a 150°C, sin embargo, por el proceso de destilación podría contaminarse con hidrocarburos más volátiles e inflamables y bajar su punto de inflamación.

Seguridad y Manipulación: Durante el calentamiento del asfalto, por un problema de bajo nivel del asfalto en el serpentín de calentamiento, podría llegar a temperaturas arriba de 232°F y provocar un incendio y hasta una explosión.

Seguridad y Almacenamiento: Es muy importante tomar en consideración que si se va a calentar un asfalto a temperatura ambiente, el asfalto inicialmente no fluirá (viscosidad sumamente alta, semi-sólido) y no debe nunca calentarse con llama directa, pues al no tener disipación convectiva de la temperatura, el tubo de fuego se sobrecalentará y el asfalto fácilmente puede llegar a temperaturas arriba de su punto de inflamación y provocar un fuego o una explosión.

La manera correcta de calentarlo es por medio de un fluido térmico que no eleve la temperatura a más de 232°C.

- **Contenido de H₂S:**

Seguridad: Aún cuando al asfalto se le elimina la mayor parte del sulfuro de hidrógeno en el proceso de destilación, por su gran solubilidad en asfalto virgen algunas veces, al calentarse, presenta trazas de este ácido gaseoso (entre 0 – 15 ppm). Según OSHA la concentración máxima permitida durante 8 horas de trabajo (TWA de 10 ppm y durante 15 min. es 15 ppm STEL) esto hace que el asfalto sea considerado como un material sin peligro para la salud.

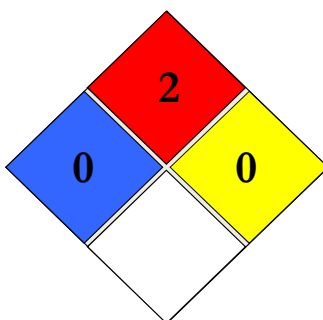
Seguridad y almacenamiento: Sin embargo, dado que el H_2S tiende a concentrarse en espacios confinados por ser más pesado que el aire, y dado que es sumamente venenoso (el IDLH de 100 ppm y puede provocar la muerte en pocos minutos arriba de 500 ppm) Siempre que se haga mantenimiento de un espacio donde se almacenó asfalto, se debe ventilar con ventilación forzada de 1 a 6 horas dependiendo del tamaño del tanque o por lo menos por una semana si la ventilación es natural y si es posible se debe medir la concentración de H_2S mediante un sensor portátil de este gas.

Una precaución importante concerniente a la entrada a un espacio confinado es nunca entrar a un espacio confinado sin avisar y sin tener a un ayudante afuera del manhole del tanque para que pueda reaccionar y ayudar a la persona a salir. La persona que entra al espacio confinado deberá estar atento a síntomas de envenenamiento leve por este ácido, que son irritación de la garganta y ojos, tos, dolores de cabeza, náuseas y mareos.

En el caso del asfalto, normalmente este ácido no se puede sentir por medio del sentido del olfato pero lo caracteriza un olor a huevos podridos o a desagüe.

Otros Aspectos de Seguridad: En la hoja de seguridad de materiales del Asfalto se especifican sus características de Riesgo en cuanto a Salud, Fuego y reactividad según NFPA.

Figura 4. Clasificación de Riesgos



Salud: 0 No se especifica riesgo para la salud pues prácticamente inerte, pero debe recordarse que a más de 70°C provocará quemaduras si por accidente se derrama o si entra

en contacto con la piel. Es recomendable manipularlo con camisa de manga larga y guantes de cuero.

Inflamabilidad: 2 Aún cuando el asfalto tiene un punto de inflamación muy alto (mayor a 232°C), cuando se transporta y almacena se mantiene a una temperatura elevada (150°C aproximadamente) y en su manipulación se calienta con fluidos a alta temperatura. Asimismo se debe tomar en cuenta que puede presentarse mezclado con hidrocarburos más inflamables como queroseno en el caso de los asfaltos reducidos o líquidos.

Si el asfalto es una muestra ó esta a temperatura ambiente el riesgo de inflamabilidad es 0.

Reactividad: 0 No produce reacciones en cadena y es prácticamente inerte a oxidantes y álcalis.

Aspectos de seguridad que podrían presentarse son:

Contacto con el agua: La temperatura del asfalto caliente (115°F) ante una fuga el agua o ponerse en contacto con agua provocaría la evaporación instantánea y sobrepresión que podría causar una explosión del tanque de almacenamiento, salpicaduras y quemaduras graves.

Ignición por materiales pirofóricos: En la limpieza o decomisionamiento de tanques ó equipos que han contenido asfalto, podrían existir Sulfuros metálicos (Fe_2S_3) que se inflaman espontáneamente al contacto con el aire y pueden provocar una situación de riesgo y quemaduras.

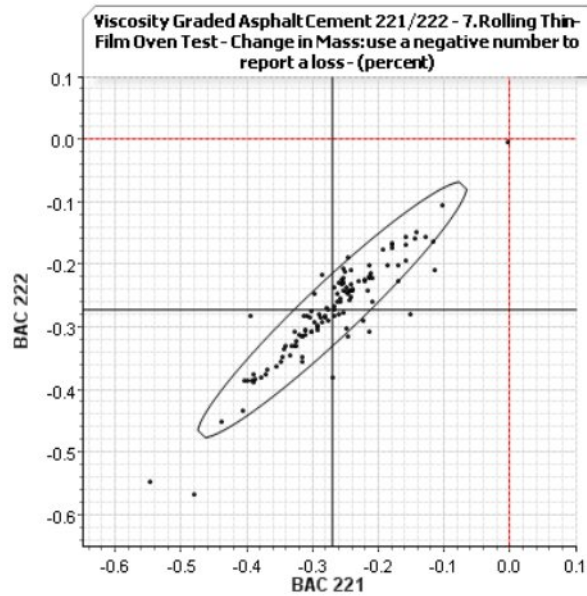
Aspectos de calidad:

Producto fuera de especificaciones:

Para garantizar la calidad del asfalto se debe tener: la hoja de especificaciones por un laboratorio certificado o bien que verifique su calidad mediante programas de referencia de laboratorios (AASHTO Materials Reference Laboratory (AMRL) Proficiency Sample Program), asimismo se debe calibrar de equipos de medición según las especificaciones de AASHTO y ASTM y mantener procedimientos estandarizados.

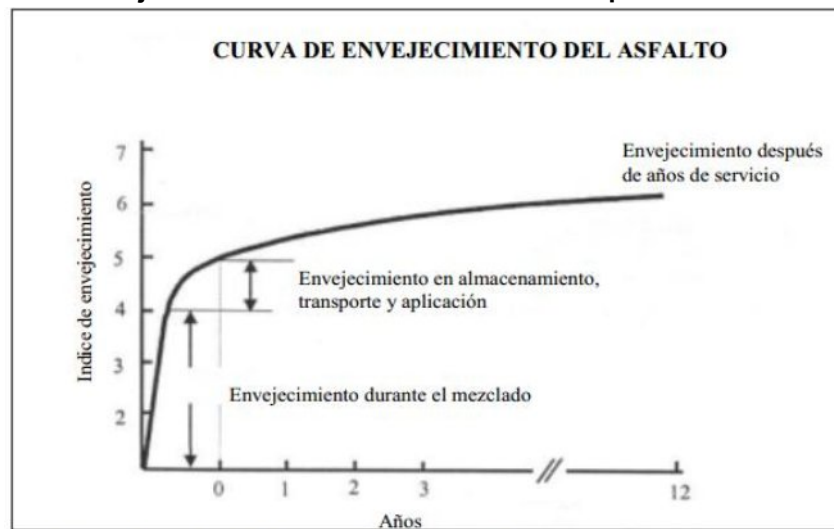
Existen varios programas de Acreditación en los que los laboratorios pueden sopesar sus resultados de análisis al compararlos contra una gran cantidad de resultados. La calidad de los resultados puede demostrarse, y por lo tanto reducir el riesgo de disputas debido a errores de análisis. Algunos de los programas también proveen medios para revisar ambos: los aparatos de análisis y a los técnicos de laboratorio bajo condiciones reales de análisis.

Figura 5. Análisis Youden de un análisis de un programa de acreditación.



1. **Temperatura de despacho o almacenamiento:** Fluctuaciones de temperatura en un amplio rango y ciclos de enfriamiento-calentamiento pueden provocar degradación del asfalto³, es decir un aumento en el índice de susceptibilidad térmica ó envejecimiento del asfalto, que es la relación de la viscosidad absoluta a 60°C antes y después del TFOT.

Figura 6. Envejecimiento debido al aumento de temperatura de un asfalto.



Fuente: Exxon Mobil, Lubricants & Petroleum Specialties.

³ Alvarenga, Edwin Ricardo. 2,003. Incidencia de los ciclos de calentamiento-enfriamiento en las propiedades físicas del cemento asfáltico AC-30, utilizado en la producción de mezclas asfálticas calientes. Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, El Salvador

Variar en ciclos de calentamiento-enfriamiento la temperatura de almacenamiento del asfalto aumenta el índice de susceptibilidad térmica en un comportamiento parecido al de la figura 6 y puede después de 5 ciclos llegar a variar el índice de susceptibilidad de forma que salga de especificaciones.

Asimismo, las temperaturas recomendadas de almacenamiento y manipulación de asfalto por razones de seguridad es la siguiente:

Tabla 1. Temperaturas recomendadas de almacenamiento u manipulación de asfalto⁴.

Grade	Minimum pumping temperature (°C) Note 1	Typical bitumen temperature at time of application (°C)		Maximum handling and storage temperature (°C) Note 4	Typical Long term storage temperature (°C) Note 6
		Mixing and short term storage Note 2 Note 5 Note 9	Spraying Note 3		
Paving grades (BS EN 12591:2000)					
250/330	100	135	165	190	60
160/220	110	140	175	190	65
100/150	110	150	190	190	70
70/100	120	155		190	75
50/70	125	160		190	80
40/60	125	165		200	80
35/50	130	165		200	85
30/45	130	170		200	85
20/30	140	175		200	90

Las temperaturas típicas de almacenamiento de asfaltos en América son entre 300 – 350°F⁵

2. **Propiedades fisicoquímicas variables dentro de un mismo lote:** Dependiendo de la materia prima se corre el peligro de variaciones de las propiedades reológicas del asfalto durante el tiempo que dure la obra, esto obliga a cambiar diseño de carretera y por ende revisar los cálculos económicos del proyecto. Debe recordarse pues que aún cuando el proveedor sea el mismo, la calidad de los lotes dependerán de la materia prima que procese la refinería y las condiciones de operación. Si el asfalto proviene de una sola materia prima es más sencillo hacer el modelo, pues las condiciones de producción no son tan variables.

⁴ Energy Institute. 2,005. Bitumen Safety Code. 4 edition.

⁵ American Petroleum Institute. 2,001. API RP 2023 Guide for Safe Storage and Handling of Heated Petroleum Derived Asphalt Products and Crude-Oil Residua. 3rd edition.

3. **Periodo de almacenaje:** Debido a la presencia de aire en el espacio vacío el tanque si el asfalto se almacena por más de 2 meses se debe considerar que el asfalto se ha oxidado y evaporado esto podría afectar su ductilidad y viscosidad. Cada dos meses se debe revisar estas características del asfalto para hacer la mezcla asfáltica adecuada.
4. **Almacenamiento:** Las recomendaciones en cuanto a los tanques de almacenamiento de asfalto son las siguientes:
Para prevenir sobrecalentamiento y envejecimiento del asfalto se debe contar con sensores de temperatura o termocuplas en el tanque.
Asimismo debido a la presencia de aire en el espacio arriba del nivel de asfalto también es recomendable que la forma de los tanques de almacenamiento minimicen la relación de superficie de contacto /volumen, es decir diámetro/altura o sea que sean verticales en vez de horizontales y sean lo más angosto posible, sin perder de vista las especificaciones de construcción de tanques verticales del API 650 y 652.

Bibliografía.

1. Repsol. 2,000-2,013. Físicoquímica del Asfalto, http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/documentos_y_publicaciones/conferencia/Default.aspx
2. Subiaga, Alicia; Cuattrocchino, Adrián. 2,005. Propiedades Reológicas del Asfalto, XIII CILA
3. Alvarenga, Edwin Ricardo. 2,003. Incidencia de los ciclos de calentamiento-enfriamiento en las propiedades físicas del cemento asfáltico AC-30, utilizado en la producción de mezclas asfálticas calientes. Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, El Salvador.
4. Technical department, Energy Institute. 2,005. Bitumen Safety Code, Annex B. 4th edition.
5. American Petroleum Institute. 2,001. API RP 2023 Guide for Safe Storage and Handling of Heated Petroleum Derived Asphalt Products and Crude-Oil Residua. 3rd edition.