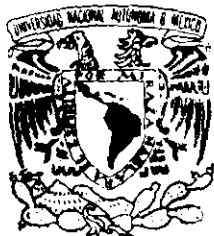


10
25



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“EL ASFALTO EN LA INDUSTRIA DE LOS
RECUBRIMIENTOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

EDUARDO GALLOZO PICHARDO

ASESOR: I.Q.M. RAFAEL SAMPERE MORALES.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

270105

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

El asfalto en la industria de los recubrimientos.

que presenta el pasante: Eduardo Gallozo Pichardo
con número de cuenta: 8760297-9 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de Octubre de 1998

PRESIDENTE I.Q. Alvaro Leo Ramírez

VOCAL I.Q.M. Rafael Sampere Morales

SECRETARIO I.Q. Graciela Delgadillo García

PRIMER SUPLENTE Q. Ma. Cristina Mayela García Ruiz

SEGUNDO SUPLENTE M. en C. Gabriel Arroyo Razo

DEDICADO A:

**MI ESPOSA, LETY
Y MI HIJO, LALO
CON MUCHO AMOR**

**UN AGRADECIMIENTO AL PROFESOR RAFAEL SAMPERE M.
POR SU ASESORIA EN ESTE TRABAJO**

**UN RECONOCIMIENTO MUY ESPECIAL
A MI MADRE, QUE CON SU APOYO
INCONDICIONAL ME HA DADO LA
OPORTUNIDAD DE SUPERARME**

CONTENIDO

	PAG.
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	7
CAPITULO I	
1. EL ASFALTO	8
1.1 OBTENCIÓN	9
1.1.1 Asfaltos Naturales	9
1.1.2 Asfaltos Derivados del Petróleo	12
1.2 COMPOSICIÓN	14
1.2.1 Análisis Fraccional	14
1.2.2 Análisis Elemental	19
1.3 PROPIEDADES	19
1.3.1 Comportamiento Reológico	19
1.3.2 Resistencia a los Agentes Ambientales	21
1.3.3 Resistencia a los Agentes Químicos	23
1.3.4 Número Ácido	23
CAPITULO II	
2. MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DEL ASFALTO	25
2.1 REDUCCIÓN DIRECTA	26
2.2 DESASFALTACIÓN CON PROPANO	28
2.3 ASFALTO TÉRMICO	30
2.4 ASFALTO SOPLADO	30

2.4.1	Proceso por Lotes	31
2.4.2	Proceso Continuo	32
2.4.3	Proceso Catalítico	33
2.5	ASFALTOS LÍQUIDOS	34
2.5.1	Asfalto Cortado	34
2.5.2	Asfalto en Emulsión	36

CAPITULO III

3.	ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA PARA LOS ASFALTOS	43
3.1	ESPECIFICACIONES	43
3.1.1	Asfaltos para Pavimentos	43
3.1.2	Asfaltos para Recubrimientos de Techos	44
3.1.3	Asfaltos para Recubrimientos Protectivos	44
3.2	MÉTODOS DE PRUEBA	46
3.2.1	Punto de Reablandamiento	46
3.2.2	Penetración	47
3.2.3	Viscosidad	48
3.2.4	Solubilidad en Disulfuro de Carbono	49
3.2.5	Ductilidad	49
3.2.6	Punto de Inflamación	49
3.2.7	Prueba de Pelicula en Horno	50
3.2.8	Gravedad Específica	51
3.2.9	Intemperismo Acelerado	51

CAPITULO IV

4.	RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS	52
4.1	CLASIFICACIÓN	54
4.1.1	Recubrimientos de Aplicación en Caliente	54

4.1.2	Recubrimientos de Aplicación en Frio	55
4.1.3	Recubrimientos Prefabricados	56
4.2	USOS Y APLICACIONES	56
4.2.1	Impermeabilizantes	56
4.2.2	Primarios	59
4.2.3	Cementos Plásticos	60
4.2.4	Películas Delgadas	60
4.2.5	Protección Anticorrosiva	61
4.2.6	Aislamiento Térmico	61
4.2.7	Protección Automotriz	62
4.2.8	Amortiguamiento de Ruidos	62
4.2.9	Protección de Tuberías	63

CAPITULO V

5.	COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO	
	DE LOS RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS	65
5.1	COMPOSICIÓN	65
5.1.1	Primario Asfáltico en Disolvente	66
5.1.2	Primario Asfáltico en Emulsión	66
5.1.3	Impermeabilizante Asfáltico en Disolvente	67
5.1.4	Impermeabilizante Asfáltico en Emulsión	67
5.1.5	Cemento Plástico	68
5.1.6	Recubrimiento Pigmentado para Acabado	68
5.1.7	Recubrimiento Antirruído	69
5.1.8	Recubrimiento para Carrocerías y Superficies Metálicas	69
5.2	PROCESAMIENTO	70
5.2.1	Materias Primas	70
5.2.2	Procesos de Fabricación	78

CAPITULO VI

6. ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA	
DE LOS RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS	81
6.1 ESPECIFICACIONES	82
6.1.1 Primario Asfáltico en Disolvente	82
6.1.2 Primario Asfáltico en Emulsión	83
6.1.3 Recubrimiento Asfáltico en Disolvente	83
6.1.4 Recubrimiento Asfáltico en Emulsión	85
6.1.5 Cemento Plástico Bituminoso	86
6.1.6 Recubrimiento Asfáltico Color Aluminio	87
6.1.7 Recubrimiento Antirruído para Automóviles	89
6.2 MÉTODOS DE PRUEBA	90
6.2.1 Penetración Cónica	90
6.2.2 Porcentaje de Sólidos	90
6.2.3 Contenido de Agua por Destilación	91
6.2.4 Flexibilidad	91
6.2.5 Escurrimiento	92
6.2.6 Pruebas para Emulsiones Asfálticas	92
6.2.7 Resistencia a la Corrosión	93
7. CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, el hombre ha tenido la capacidad de adaptarse a todas las condiciones climatológicas, y por lo tanto, ha podido establecerse en cualquier lugar de la tierra, desde los climas tropicales, hasta las regiones más frías o desérticas. Para ello ha tenido que buscar la forma de superar las inclemencias del tiempo. En esa búsqueda, encontró la manera de vestirse, descubrió el fuego, encontró refugio en árboles y cavernas, y posteriormente construyó estructuras con materiales que disponía de la naturaleza.

A medida que el hombre ha evolucionado, también lo ha hecho con su vivienda. En la actualidad son muchos los materiales utilizados en la construcción, así como formas y métodos para la edificación de estructuras.

En los últimos años, y a raíz del uso del petróleo, existen una gran diversidad de materiales derivados de éste, que son utilizados en la industria de la construcción, como los plásticos, telas sintéticas, pinturas, aislamientos, adhesivos, selladores, impermeabilizantes, etc..

Sin embargo, en la refinación del petróleo se obtienen materiales residuales que no tienen un gran valor comercial.

A estos materiales se les ha buscado una aplicación práctica o se les da un nuevo procesamiento para obtener productos de mayor rentabilidad.

El asfalto es un material de residuo que se genera en la destilación del petróleo. Su mayor aplicación se encuentra en la elaboración de pavimentos para carreteras. Otro uso de gran importancia la encontramos en la manufactura de recubrimientos protectivos, sobre todo para la industria de la construcción.

Los recubrimientos protectivos asfálticos o bituminosos, son aquellos que están elaborados a partir de una base asfáltica, que les proporciona ciertas características de flexibilidad e impermeabilidad entre otras. Existe una amplia variedad de estos recubrimientos, que en los últimos años han tenido un gran auge en el mercado, debido sobre todo a su economía con respecto a otros recubrimientos basados en diferentes polímeros.

En México, la información acerca de estos recubrimientos es escasa y se encuentra dispersa. La mayoría de la que se dispone es proporcionada por las compañías productoras, a través de manuales técnicos.

En este trabajo se hizo una búsqueda de esa información y se estructuró de manera tal, que el lector cuente con un apoyo accesible en sus investigaciones acerca de la manufactura de los recubrimientos bituminosos.

En la primera parte, se define al asfalto, se detalla su composición y propiedades, así como las especificaciones y métodos de prueba que lo caracterizan. Se hace énfasis en las técnicas de procesamiento del asfalto, como principal materia prima en la elaboración de los recubrimientos bituminosos.

En la segunda parte se describe a los recubrimientos bituminosos; su clasificación y aplicaciones. Se menciona la composición y procesamiento de estos recubrimientos, además de los métodos de prueba y especificaciones requeridas en el mercado.

Este trabajo no pretende ser un manual técnico del asfalto o de recubrimientos bituminosos, tan solo es una guía para la selección de materiales, desarrollo y elaboración de recubrimientos bituminosos.

OBJETIVOS

a). Ofrecer un panorama amplio sobre el uso del asfalto en la manufactura de los recubrimientos bituminosos.

b). Dar a conocer la gran variedad de recubrimientos bituminosos existentes en el mercado, así como sus principales aplicaciones.

c). Proporcionar los conocimientos básicos para el desarrollo y elaboración de los recubrimientos bituminosos.

I

1. EL ASFALTO

El asfalto está definido como un material cementoso de color café obscuro a negro, en el que los constituyentes predominantes son los bitúmenes, el cuál puede encontrarse en la naturaleza o puede obtenerse mediante el proceso de refinación del petróleo.

Una característica de los asfaltos es que contienen hidrocarburos de alto peso molecular, llamados asfaltenos, que son esencialmente solubles en disulfuro de carbono y en hidrocarburos aromáticos y clorados.

Bitumen es un término genérico definido por The American Society for Testing and Materials (ASTM), como un tipo de sustancias cementosas, amorfas de color obscuro, compuesto principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, de los cuales, los asfaltos, breas, alquitranes y asfaltitos son típicos.

En algunos países se emplean los términos bitumen o bitumen asfáltico como sinónimos del asfalto, y aplican el término de asfalto a la mezcla de bitumen con materia inorgánica.

Además, ASTM clasifica a los asfaltos o materiales bituminosos como sólidos, semisólidos y líquidos, usando la

penetración (ASTM D-5) como prueba de consistencia o viscosidad.

1.1 OBTENCIÓN

1.1.1 Asfaltos Naturales.

El término asfalto natural se refiere a una variedad de materiales encontrados en la naturaleza y que contienen diversas cantidades de bitumen.

Los asfaltos naturales varían considerablemente de composición y propiedades. Desde el punto de vista práctico estos asfaltos se clasifican en tres grupos, de acuerdo al contenido de bitumen: los que contienen casi puro bitumen, los que contienen una cantidad apreciable de materia mineral y aquellos que contienen una pequeña fracción de bitumen.

Existen varios depósitos de asfaltos naturales en algunos países, la mayoría de los cuales tienen poca importancia comercial.

Los ejemplos más conocidos de este tipo de asfaltos son los siguientes.

a). Gilsonita. Este asfalto fue descubierto en Utah, Estados Unidos, en 1882 y más tarde fue comercializado por S.H. Gilson, de donde posteriormente tomó su nombre. Este material genéricamente llamado asfaltito, se caracteriza por un alto punto de reablandamiento (195°C) y un bajo contenido de materia

mineral (aprox. 2%).

La gilsonita encuentra aplicación en recubrimientos de superficies oscuros, negros y muy brillantes, en los que el color es menos importante que el costo. Generalmente se funde y cuece para obtener aceites para la fabricación de barnices. Además se usa en la manufactura de pinturas, primarios, selladores y adhesivos.

El manjak o grahamita, es un asfalto natural del mismo tipo que la gilsonita. Es negro y denso, además de ser duro y quebradizo. Contiene de 20 a 30% de carbono libre. Tiene un punto de reablandamiento entre 130 y 190°C. Se usa en recubrimientos de superficies oscuros y de bajo brillo.

El manjak y la gilsonita, como cualquier asfalto, tienen la tendencia a exudar a través de las capas superiores más claras, por esa razón su uso es limitado.

Este tipo de asfaltos son también utilizados en pinturas resistentes al calor, debido a sus altos puntos de reablandamiento que los hacen casi infusibles.

b). Asfalto de Trinidad. El Lago Trinidad está situado en la isla Trinidad, Indias Occidentales, cerca de la costa Noroeste de Venezuela. Este cubre una superficie de alrededor de 400 000 m² y tiene una profundidad de 90 metros en el centro del lago.

El asfalto de Trinidad tiene una composición relativamente uniforme; 39% de bitumen, 29% de agua y gas, y 32% de materia mineral.

La refinación de este material es esencialmente la deshidratación por calentamiento del asfalto a 165°C. El producto refinado tiene un punto de reablandamiento de 99°C y tiene una viscosidad más grande que la mayoría de los bitúmenes.

Este material es conocido como asfalto refinado de Trinidad bajo la marca registrada de Epuré y se ha exportado a muchos países del mundo. La mayor parte de este asfalto está destinado a la construcción de pavimentos para carreteras.

c). Asfalto de Roca. Este tipo de asfalto se encuentra en depósitos o camas de 12 a 15 metros de espesor en estratos horizontales debajo de un terreno arcilloso.

Este asfalto contiene entre 5 y 20% de bitumen. El contenido mineral es usualmente arena sílica y piedra caliza.

El asfalto de roca ha sido encontrado en Texas, Alabama, Oklahoma, Colorado, California y Kentucky, estos en Estados Unidos.

Otros depósitos también conocidos se encuentran en Francia, Suiza y Alemania.

Este tipo de asfalto generalmente se mezcla con otros asfaltos de mayor contenido de bitumen para la construcción de

pavimentos.

1.1.2 Asfaltos Derivados del Petróleo.

En la actualidad, la mayoría de los asfaltos son producidos a partir de la refinación del petróleo. Estos son con mucho la clase más importante de los asfaltos y han reemplazado en gran medida a los naturales debido a su mayor pureza y uniformidad.

Los asfaltos derivados del petróleo tienen menores cantidades de material inorgánico. Ellos obtienen sus características a partir del origen del petróleo y del proceso de manufactura que se seleccione para su obtención.

Estos asfaltos se utilizan ampliamente en la impregnación de cartones y fieltros, recubrimientos subterráneos impermeables, materiales para techados y recubrimientos resistentes a los ácidos y álcalis, así como en la fabricación de pavimentos para carreteras.

En general, los asfaltos tienen un bajo costo y buena duración cuando son debidamente seleccionados para el fin deseado. Puesto que su costo es bajo se pueden aplicar económicamente en capas relativamente gruesas, para que los espesores de película puedan compensar cualquier deficiencia que puedan tener comparados con recubrimientos más caros. Tienen por supuesto varias desventajas inherentes a su naturaleza, como son

el color y la susceptibilidad a las temperaturas que limitan su uso en otro tipo de acabados.

Hay asfaltos soplados y oxidados que tienen altos puntos de reablandamiento, menos susceptibles a los cambios de temperatura y buena resistencia a los agentes atmosféricos, que son utilizados en recubrimientos para techos en los que las propiedades anteriores son requeridas.

En el mercado se manejan tres formas de asfalto; los sólidos o semisólidos, en solución y en emulsión.

Los asfaltos sólidos se deben fundir para su aplicación, su duración en carreteras y techados ha sido demostrada por años cuando son adecuadamente aplicados.

Los asfaltos en solución se disuelven en algunas fracciones del petróleo para utilizarlos en materiales de impregnación y de impermeabilización, acabados resistentes a los agentes químicos y recubrimientos para techos.

Los asfaltos emulsionados están reemplazando a las formas sólidas y en solución en muchas aplicaciones. Este tipo de asfaltos consisten en partículas diminutas de bitumen suspendidas en agua con agentes emulsificantes. Una vez aplicados, el agua se evapora y las partículas coalescen en películas continuas.

Las emulsiones asfálticas emplean asfaltos más blandos, que son más flexibles, tienen mayor adherencia y son más durables con

respecto a otros asfaltos.

1.2 COMPOSICIÓN

1.2.1 Análisis Fraccional.

La determinación de los componentes del asfalto siempre ha representado un reto por la complejidad y los grandes pesos moleculares de los hidrocarburos presentes.

Existe un gran número de métodos desarrollados para determinar la composición del asfalto. Las fracciones han sido separadas por difusión térmica, por diálisis, electrolíticamente y por repetidos fraccionamientos con disolventes.

Recientemente la cromatografía ha sido utilizada en la caracterización de las fracciones del asfalto.

La norma ASTM D-4124 desarrolla un método para la caracterización de las fracciones del asfalto. Esta norma envuelve la separación del bitumen en cuatro fracciones genéricas: asfaltenos, saturados, naftenos aromáticos y aromáticos polares. El método consiste en la dispersión y precipitación en *n*-heptano, filtración y cromatografía de adsorción-elución.

Como resultado de muchos análisis de bitúmenes de varios orígenes y diferentes procesos de manufactura, da como resultado que todos los asfaltos contienen estas cuatro fracciones, pero en diferentes proporciones. Las proporciones dependen del punto

o temperatura de corte en la destilación y del petróleo del cual el bitumen es derivado.

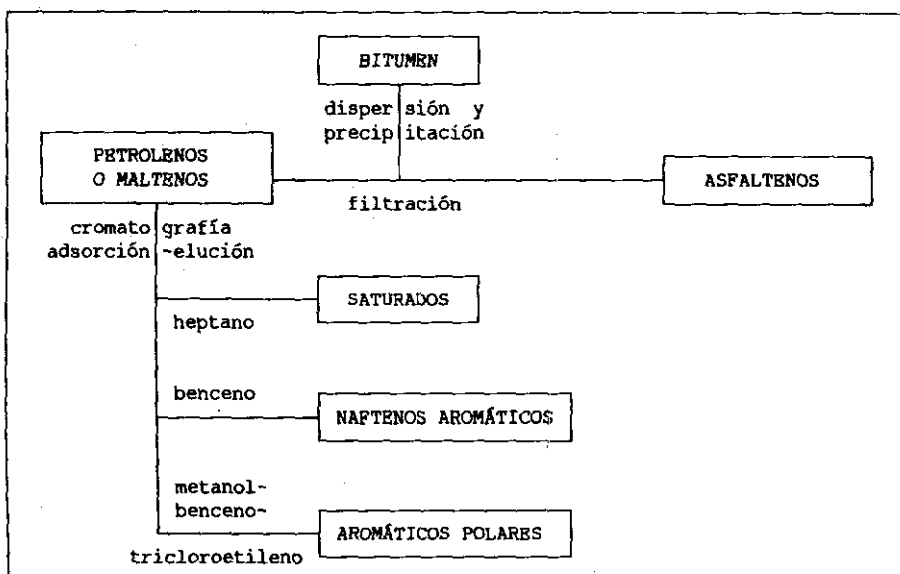


Fig. Nº. 1. Esquema de separación del bitumen en cuatro fracciones.

De las tres fracciones de petrolenos, los saturados decrecen cuando el punto de corte de la destilación es mayor, mientras que los aromáticos polares aumentan.

Otra manera de entender el efecto de la destilación, es que a medida que esta progresa los saturados y los naftenos aromáticos decrecen, mientras que las fracciones de aromáticos polares y asfaltenos se incrementa, esto muestra que las dos primeras fracciones en promedio tienen menor punto de ebullición. Esto da

como resultado que la destilación incrementa el punto de reablandamiento y disminuye la penetración de los bitúmenes.

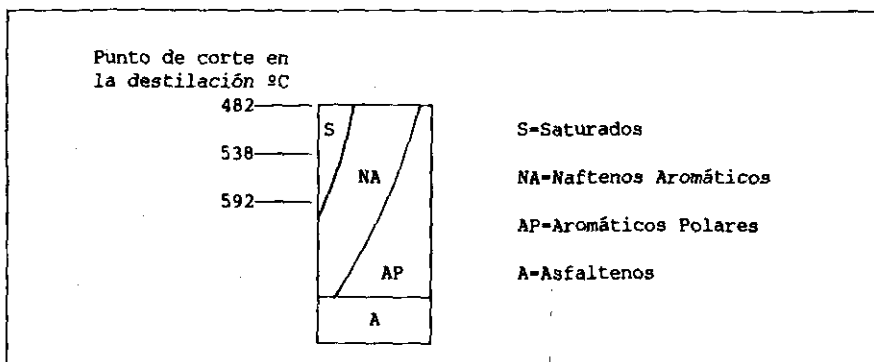


Fig. Nº. 2. Distribución de las fracciones dentro del bitumen.

Los asfaltos de diferentes petróleos tienen diferentes composiciones, es decir, a pesar de que tengan la misma viscosidad, estos difieren en las proporciones de sus cuatro fracciones.

Las fracciones difieren entre si significativamente con respecto a sus características físicas.

Las fracciones de saturados y naftenos aromáticos tienen una relativa baja viscosidad y baja densidad, así que pueden clasificarse como líquidos. Los aromáticos polares y asfaltenos tienen gran densidad y muy grande viscosidad, por lo que se consideran como sólidos.

La consistencia general de un bitumen, sin embargo, depende

completamente de la proporción de las fracciones presentes.

Por otra parte, cada fracción puede ser caracterizada estructuralmente por la identificación de la distribución de átomos de carbono. Esta distribución es la fracción en masa de los átomos de carbono en cada una de las siguientes estructuras hidrocarbonadas: cadenas parafínicas, anillos nafténicos y anillos aromáticos.

Tabla Nº. 1.2. Distribución de átomos de carbono y masa molecular de las fracciones de un asfalto AC-20.

Fracción	DISTRIBUCIÓN DE ÁTOMOS DE CARBONO EN:			Masa Molecular Promedio
	Cadenas Parafínicas %	Anillos Nafténicos %	Anillos Aromáticos %	
Saturados	69	31	0	610
Naft. Aromáticos	41	34	25	725
Arom. Polares	36	26	38	1090
Asfaltenos	37	13	50	5300
Promedio	41	30	29	1275

El ejemplo de la tabla Nº.1, muestra que los saturados están hechos principalmente de parafinas o cadenas parafínicas unidas a anillos nafténicos, y no contienen anillos aromáticos.

Los naftenos aromáticos también tienen un gran porcentaje de carbonos parafínicos, pero están presentes como cadenas unidas a anillos nafténicos y aromáticos. En este caso presumiblemente cada molécula contiene al menos un anillo aromático, de otra manera

esta se encontraría en la fracción de los saturados.

Los aromáticos polares y asfaltenos tienen grandes cantidades de carbonos aromáticos, pero cada uno, con una cantidad apreciable de cadenas parafínicas (hidrocarburos saturados).

Mientras la distribución de los átomos de carbono nos ayuda a identificar la estructura química, una descripción coloidal ayuda a explicar el papel jugado por cada fracción. Los bitúmenes están considerados como un sistema coloidal, en el cual ciertos constituyentes de gran masa molecular son dispersados o peptizados en otra fase de menor masa molecular. Los asfaltenos están considerados generalmente como la fase dispersa, con la mezcla de saturados y naftenos aromáticos actuando como la fase continua o medio de dispersión. Los aromáticos polares podrían servir como coloide protector, manteniendo a las miscelas de asfaltenos en un estado floculado.

Como regla general, los coloides de bitumen son muy estables y no pueden ser separados a menos que sean severamente diluidos con disolventes no polares, como los hidrocarburos alifáticos de C_3 a C_8 .

Este es el paso inicial tomado en la mayoría de los análisis de composición del asfalto.

1.2.2 Análisis Elemental.

El análisis elemental de un bitumen tiene poca significancia con respecto al origen, proceso de manufactura o grados de servicio del asfalto. Lo mismo sucede con las masas moleculares promedio.

Generalmente la mayoría de los asfalto contienen:

Carbono	79-88% en peso
Hidrógeno	7-13% en peso
Oxígeno	2-8% en peso
Azufre	trazas-8% en peso
Nitrógeno	trazas-3% en peso

También han sido encontradas trazas de Fierro, Niquel, Vanadio, Calcio, Titanio, Magnesio, Sodio, Cobalto, Cobre, Zinc y Estaño.

1.3 PROPIEDADES

1.3.1 Comportamiento Reológico.

A menudo el asfalto ha sido descrito como un material termoplástico, que puede repetidamente ablandarse cuando se calienta y endurecerse cuando se enfría.

Actualmente es más correcto describir al bitumen como una sustancia viscoelástica, que se comporta como líquido viscoso a temperatura ambiente y grandes temperaturas, y como sólido elástico a bajas temperaturas.

Esta cualidad del bitumen se denomina como carácter o

comportamiento reológico y puede ser medido en unidades relativas de flujo y deformación. Algunas pruebas que se relacionan con esta propiedad son: penetración, viscosidad, punto de reablandamiento, ductilidad, flexibilidad a bajas temperaturas, etc..

La naturaleza viscoelástica del bitumen dicta el control entre temperatura y viscosidad durante todas las etapas de procesamiento, mientras que en servicio las propiedades de flujo, susceptibilidad a la temperatura, flexibilidad y ductilidad contribuyen en la durabilidad del producto.

Las propiedades reológicas del asfalto están determinadas por el origen y composición de éste.

La fracción de saturados son menos susceptibles a los cambios de temperatura que las fracciones de naftenos aromáticos y aromáticos polares que son mucho más susceptibles a los cambios de temperatura y tienen una viscosidad mucho mayor a una temperatura dada.

La mezcla de estas tres fracciones en conjunto con los asfaltenos dará como resultado una viscosidad típica. Una vez más esto nos lleva a la clasificación de los saturados y naftenos aromáticos como líquidos y las fracciones de aromáticos polares y asfaltenos como sólidos. De este modo la reología de los bitúmenes puede ser atribuida al efecto de la composición y sus propiedades viscoelásticas de las fracciones que los componen.

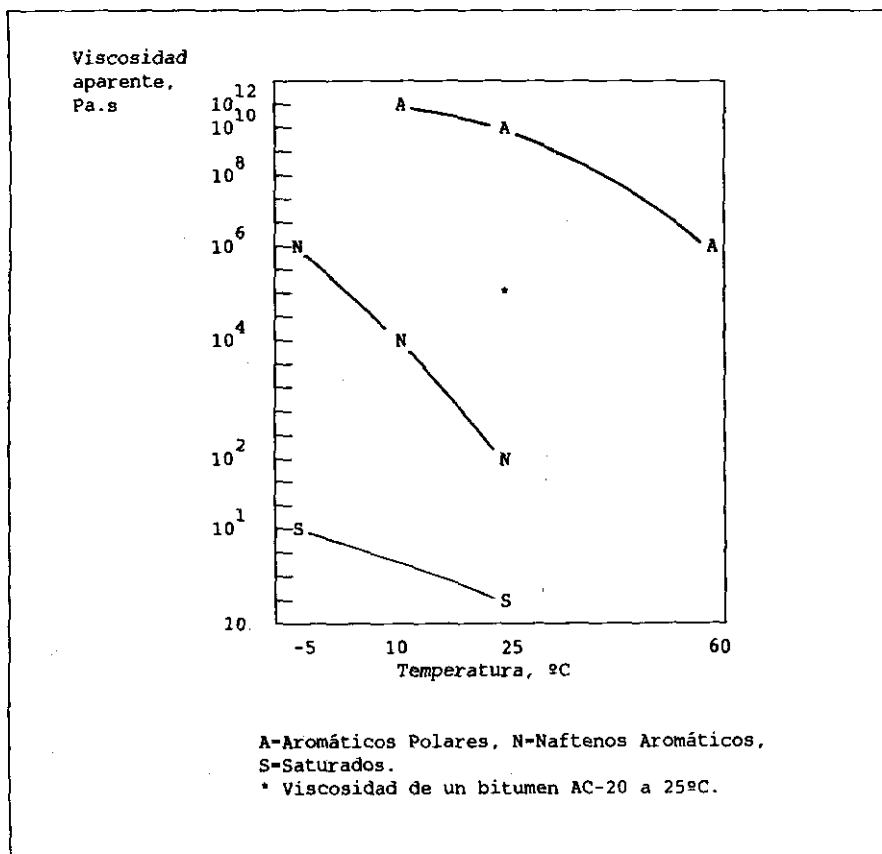


Fig. Nº. 3. Viscosidad como función de la temperatura de las fracciones de petrolenos.

1.3.2 Resistencia a los agentes ambientales.

Bajo condiciones ambientales, el bitumen se oxida lentamente, específicamente la superficie expuesta. Los efectos son siempre un incremento en la viscosidad y un aumento en el punto de reablandamiento.

Para controlar estos efectos en la superficie, se usa un agregado como acabado o se usan películas apreciablemente gruesas. Por ejemplo, en la construcción de carreteras, las películas normalmente de 10-30 μm de bitumen mezclado con agregados, son protegidas por la fuerte compactación de la mezcla, en este caso sólo una pequeña fracción del bitumen está expuesta al aire y luz solar.

En recubrimientos para techos e impermeabilizantes las películas aplicadas son de varios milímetros de espesor, lo que permite la degradación gradual por intemperismo de las capas superiores o microsuperficies. Alternativamente las películas de bitumen pueden ser protegidas por capas de arena o de otros recubrimientos con películas más delgadas, con lo cual la velocidad de difusión del aire dentro del producto aplicado, es substancialmente reducida.

Los efectos del ambiente en películas de asfalto, son más rápidos cuando estas películas son más delgadas.

Por otro lado, cuando un bitumen está en contacto permanente con agua, la absorción del agua en el bitumen es del orden de 0.001-0.01% en peso. Esto es particularmente causado por la presencia de pequeñas cantidades de sales inorgánicas solubles en agua dentro del bitumen.

Ordinariamente el bitumen procesado posee buena resistencia

al agua, aunque no es completamente impermeable.

En aplicaciones prácticas esto es insignificante debido al espesor de las películas usadas.

1.3.3 Resistencia a los Agentes Químicos.

Regularmente el bitumen tiene buena resistencia a los químicos suaves, pero reacciona con químicos más agresivos, como los ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico.

Los ácidos diluidos algunas veces provocan un pequeño endurecimiento del bitumen.

El cloruro férrico y el pentóxido de fósforo han sido usados comercialmente, entre otros, como catalizadores para la oxidación del asfalto soplado, para reducir el tiempo de operación. Sin embargo no son propiamente catalizadores, debido a que ellos son consumidos en el proceso y son convertidos químicamente.

1.3.4 Número Ácido.

El asfalto contiene pequeñas cantidades de algunos ácidos orgánicos y materiales saponificables. El asfalto usualmente no es corrosivo con los metales.

Los valores ácidos del asfalto son de 0.1 a 2.8 mg de hidróxido de potasio por gramo de asfalto.

El contenido ácido es fuertemente determinado por el

porcentaje de ácidos nafténicos (cicloparafínicos) de gran peso molecular que están presentes originalmente en el asfalto.

Con el incremento de dureza del asfalto de un petróleo dado normalmente decrece de acidez a medida que más ácidos nafténicos son removidos por la destilación.

II

2. MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DEL ASFALTO

Los primeros petróleos refinados fueron inapropiados para la manufactura directa de asfalto, porque no podía ser destilado hasta un residuo sólido sin descomposición.

A partir de 1902, los asfaltos de petróleo fueron comercializados en cantidades apreciables, principalmente por el descubrimiento de petróleo que producía residuos semisólidos de la destilación. Los residuos de estos crudos fueron similares a los asfaltos naturales y podían ser usados directamente en la construcción de pavimentos.

En 1907, La cantidad de asfalto derivado del petróleo igualó al usado de fuentes naturales.

En un principio, el petróleo fue separado por lotes dentro de alambiques, en donde los ligeros o fracciones más volátiles eran removidos sucesivamente.

Cuando fue usado vapor para desalojar a los volátiles y se redujo la presión de los hidrocarburos a través de la presión parcial del vapor, el producto fue llamado asfalto reducido a vapor.

En 1912, fue puesta en operación la primera columna de destilación. El uso de presiones reducidas o vacío, permitieron la reducción de crudos a productos residuales duros, además de poder usar diferentes tipos de petróleo para la manufactura del asfalto.

Los productos obtenidos por estos procesos fueron llamados asfaltos reducidos directamente.

2.1 REDUCCIÓN DIRECTA

En la refinación del petróleo, el crudo se inyecta a una temperatura de 340 a 400 °C dentro de la columna fraccionadora. Las fracciones más ligeras son separadas como productos de domo, y el residuo por el fondo es asfalto reducido directamente.

Los petróleos que contienen cerca del 30% de asfalto pueden ser refinados completamente en una unidad atmosférica. Sin embargo, muchos crudos no pueden ser destilados a presión atmosférica por su gran porcentaje de fracciones de alto punto de ebullición. Como un suplemento al proceso atmosférico, es agregada una segunda torre de fraccionamiento a vacío. Este proceso de dos etapas es particularmente aplicable a petróleos que contienen de 15 a 30% de asfalto.

La unidad de destilación a vacío incluye, una unidad de calentamiento, la zona de separación flash vapor-líquido, la zona de fraccionamiento y el equipo de producción a vacío. El flujo a

través de la unidad de vacío es continua. La carga calentada es bombeada a la zona de flasheo donde los constituyentes más volátiles son vaporizados, el asfalto es una fracción residual que es removida continuamente.

La manufactura del asfalto por reducción directa no cambia la naturaleza química del producto, tan solo la viscosidad.

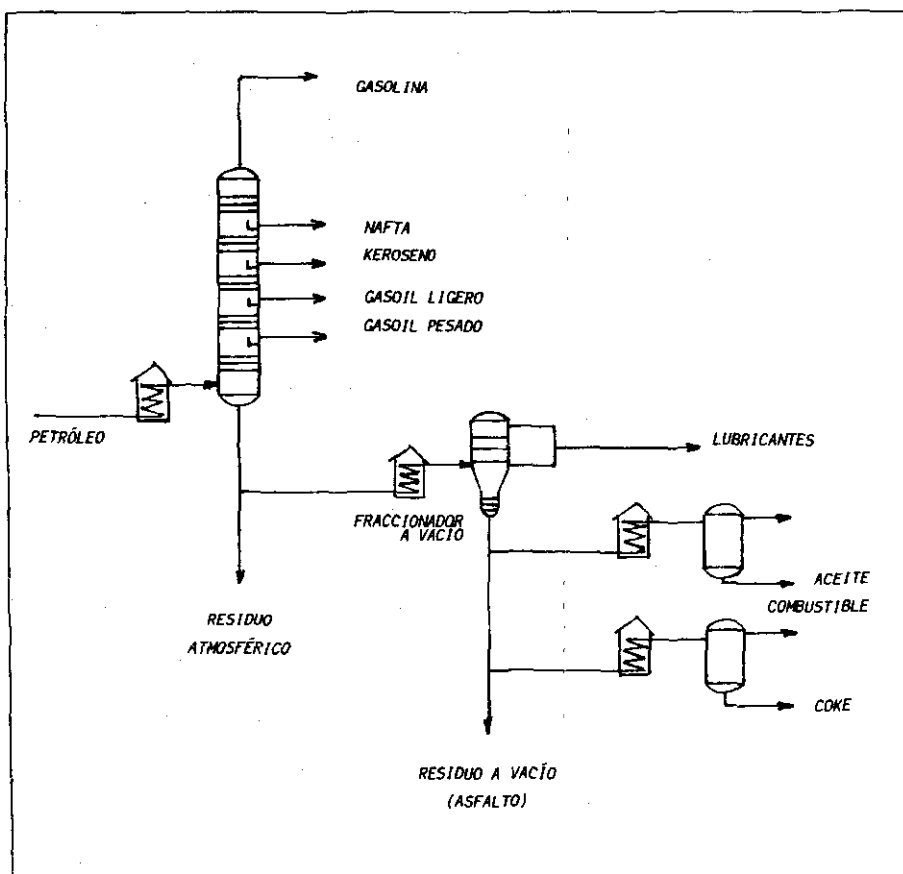


Fig. Nº. 4. Manufactura del asfalto por reducción directa.

2.2 DESASFALTACIÓN CON PROPANO

Los métodos modernos para remover asfalto del petróleo están basados en la habilidad de ciertos disolventes de precipitar las substancias asfálticas cuando se mezclan estos con productos residuales de una destilación del petróleo.

Estos procesos emplean para este propósito propano y otros hidrocarburos semejantes, aunque los alcoholes alifáticos han sido usados en algunos casos. Existen otros disolventes que son capaces de precipitar ciertas cantidades de asfalto. Estos disolventes, sin embargo, los cuales son de tipo oxigenado, como ésteres orgánicos o éteres, son considerablemente menos efectivos que los hidrocarburos licuados o alcoholes.

En la desasfaltación con propano, la alimentación de petróleo es usualmente un residuo de una reducción atmosférica de una torre de destilación primaria.

La desasfaltación con propano se usa cuando los petróleos contienen relativamente baja cantidad de asfalto, generalmente menor del 15%. El asfalto producido de esta manera, normalmente se mezcla con otros residuos asfálticos para obtener asfaltos para la construcción de pavimentos.

El proceso es una extracción líquido-líquido a contracorriente. La alimentación es introducida cerca del domo de la torre de extracción y el propano líquido cerca del fondo,

usando una relación disolvente:petróleo de 4:1 a 10:1. El material desasfaltado sale por el domo en solución con el propano, mientras el asfalto sale por el fondo. Ambas corrientes son posteriormente despojadas del propano.

Contrario a la reducción directa, la cual se lleva a cabo a gran temperatura y bajas presiones, la desasfaltación es un proceso de baja temperatura y gran presión.

Hay pequeñas diferencias en los asfaltos preparados mediante este proceso y aquellos obtenidos por destilación a vacío, si se parte del mismo petróleo. La desasfaltación con propano tiene la habilidad de reducir aún más un residuo, para obtener un asfalto más duro. Sin embargo, la desasfaltación con propano es convencionalmente aplicada a crudos de bajo contenido de asfalto, los cuales son generalmente diferentes en tipo y origen a aquellos petróleos procesados por destilación.

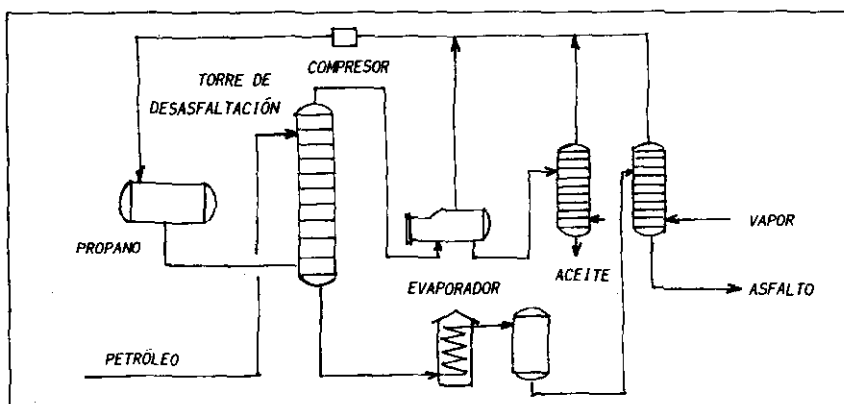


Fig. Nº. 5. Desasfaltación con propano.

2.3 ASFALTO TÉRMICO

Este tipo de asfaltos difiere de otros debido a que son producidos mediante un proceso de desintegración térmica, llamado "cracking". Estos asfaltos se caracterizan por una alta densidad, baja viscosidad y una gran susceptibilidad a la temperatura.

El proceso consiste en precalentar combustóleo y asfalto, obtenidos como residuos de la destilación normal del crudo, hasta una temperatura de 480 y 600° C, descargando la mezcla en un reactor que opera a 1480 kPa (200 psig). La descomposición llevada a cabo produce compuestos más ligeros y mas pesados que la alimentación, incluyendo ciertas cantidades de carbón amorfo. Se utiliza una destilación para separar todos los compuestos, obteniéndose gas, gasolina, destilados medios y un residuo asfáltico.

2.4 ASFALTO SOPLADO

En el proceso de soplado, también conocido como proceso de oxidación, un asfalto fluido o semisólido es convertido en un producto de mayor dureza por contacto de aire a una temperatura de operación de 200 a 270° C. Se sabe que en el proceso se llevan a cabo mecanismos de deshidrogenación y polimerización, y que el oxígeno no es retenido en el asfalto, excepto en mínimas cantidades.

La reacción es exotérmica, en donde el oxígeno del aire se combina con el hidrógeno del asfalto para producir vapor de agua. Además una variedad de sustancias pueden ser obtenidas de la misma reacción; el azufre produce sulfuro de hidrógeno, el cloro produce cloruro de hidrógeno, etcétera.

2.4.1 Proceso por Lotes.

El proceso para producir asfalto soplado por lotes es considerado separadamente del proceso continuo debido a que el asfalto producido en lotes es usado principalmente en la manufactura de productos que tienen un punto de reablandamiento muy grande, que se usan sobre todo en la industria de los recubrimientos.

El precalentamiento del asfalto toma lugar en un horno de tubos o un calentador generalmente colocado entre el almacenamiento y el tanque de proceso. El suministro de aire puede hacerse por medio de una variedad de sopladores o compresores, los más comunes son los sopladores rotatorios que son capaces de operar a una presión de salida de 170 kPa (10 psig). Para este proceso es preferible un tanque vertical.

La temperatura es la variable más importante. El asfalto es precalentado generalmente a una temperatura de 200 a 230° C, entonces es inyectado el aire, y dado que la reacción es

exotérmica la temperatura va aumentando gradualmente. Cuando se llega a los 260°C se inyecta agua o vapor de agua sobre la superficie del asfalto para mantener la temperatura del proceso por debajo de los 270°C.

La temperatura deberá ser bajada al final del proceso, lo que ayudará a estabilizar al producto, evitando una caída en el punto de reablandamiento por ruptura de algunos enlaces anteriormente producidos en la reacción.

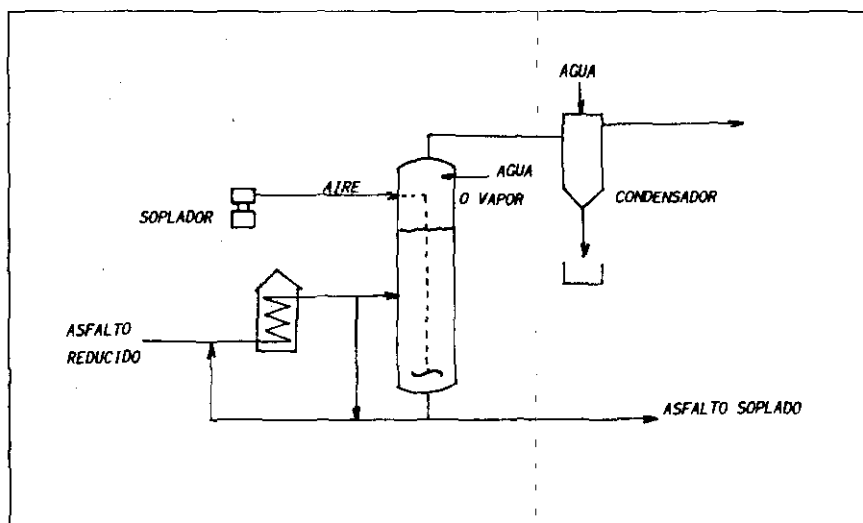


Fig. No. 6. Proceso para asfalto oxidado por lotes.

2.4.2 Proceso Continuo.

El proceso continuo ofrece las siguientes ventajas, poco equipo y bajo costo de mantenimiento para la misma capacidad de producción, tiempos de soplado más cortos, menores requerimientos

de precalentamiento, mejor control de proceso y menos mano de obra.

Este proceso es preferible cuando se requieren grandes cantidades de asfalto, y es usado principalmente para la manufactura de bitumen para pavimentos, mezclado con asfaltos residuales más suaves. Este proceso también es utilizado para la producción de asfaltos usados en recubrimientos para techos.

La oxidación continua es usualmente operada a una temperatura constante de 260°C y un nivel constante en el tanque, con la velocidad de producción y características del producto controladas por la velocidad del aire y de la carga.

2.4.3. Proceso Catalítico.

El término catalítico ha sido aceptado en el medio, aunque este no es un proceso verdaderamente catalítico. En realidad los agentes usados como catalizadores son consumidos en la reacción.

El efecto general, es la reducción de tiempo de soplado, así como un cambio en la relación punto de reablandamiento-penetración.

La reducción del tiempo de soplado es un incentivo económico, mientras que el cambio en las propiedades del producto permite manufacturar con especificaciones que no son posibles de otra manera, además de poder usar una gran variedad de asfaltos de

diversos orígenes.

Se han propuesto y patentado muchos agentes catalíticos, entre otros, el sulfato de cobre, cloruro de zinc, cloruro férrico y el pentóxido de fósforo. De estos el cloruro férrico, el cloruro de zinc y el pentóxido de fósforo son los más ampliamente usados.

La adición de estos catalizadores puede variar de 0.1 a 3%, dependiendo del asfalto usado y las características finales del producto.

En un proceso por lotes, un agente granular puede agregarse convenientemente de la siguiente manera; una parte del asfalto es alimentado a una olla equipada con un agitador de paletas, el agente es agregado manualmente. Una vez mezclado se bombea al tanque de oxidación mientras que otras cantidades de asfalto suave y agente son mezclados en la olla. Esta operación es llevada a cabo durante el ciclo de precalentamiento y con pequeñas cantidades de aire pasando por el tanque oxidador para prevenir el asentamiento. El resto del proceso es el mismo descrito anteriormente para un proceso por lotes, excepto por un periodo más corto de soplado.

2.5 ASFALTOS LÍQUIDOS

2.5.1 Asfalto Cortado (Cut-Back).

Los asfaltos líquidos son actualmente los de mayor aplicación

tanto en la industria de los recubrimientos, como en la construcción de pavimentos para carreteras.

Estos asfaltos tienen grandes ventajas con respecto a los de forma sólida debido a su manejabilidad en el transporte, procesamiento y aplicación a temperatura ambiente, evitando el calentamiento en el lugar donde son requeridos.

Los asfaltos cortados son preparados rebajando el asfalto con fracciones destiladas del petróleo.

Existen 3 tipos generales de asfalto cortado, los cuales difieren principalmente por el tipo de diluyente usado, obteniendo así diferencia en el tiempo de secado.

Los asfaltos cortados del tipo SC (slow curing) de lento secado son diluidos con 15-50% de combustóleo, según el grado, teniendo un rango de viscosidades entre 70-6000 cSt.

El tipo MC (medium curing) de secado intermedio son hechos con 15-45% de keroseno, y se manejan en un rango de viscosidad entre 30-6000 cSt.

Finalmente los del tipo RC (rapid curing) de secado rápido, usando como diluyente gas nafta en una concentración del 15 al 45%, con un rango de viscosidades de 70-6000 cSt.

Cada uno de estos tipos, manejan además 4 grados, diferenciados entre ellos por la cantidad de disolvente involucrado en la dilución. El número de grado indica la

viscosidad a 60°C en cSt.

El proceso de corte se lleva a cabo simplemente por la adición del disolvente en la base asfáltica caliente, esto es hecho generalmente en tanques equipados con agitación mecánica.

Estos tipos de asfalto cortados son usados principalmente en la construcción de pavimentos como cubridores de polvo o como aglutinantes de agregados en mezclas para carreteras.

En la industria de los recubrimientos son utilizados con frecuencia disolventes de mayor volatilidad, como xileno o tolueno, así como asfaltos de mayor dureza. Estos asfaltos cortados no están estandarizados y son fabricados por los proveedores bajo ciertos requerimientos establecidos por el mercado.

2.5.2 Asfalto en Emulsión.

Las emulsiones asfálticas tienen una gran importancia en la construcción de carreteras y una amplia variedad en usos industriales.

Nuevas formulaciones han incrementado su versatilidad de estos asfaltos y han incursionado en nuevos campos, como en la agricultura y la conservación de agua.

Las ventajas del uso del asfalto en forma emulsificada fue demostrada en la construcción de carreteras en el periodo de

1906-1914, pero su uso comercial para propósitos de pavimentación no ocurrió si no hasta 10 años después.

Hasta los años cincuentas, solo fueron manufacturadas emulsiones aniónicas, en esos años fueron desarrolladas las emulsiones catiónicas, las cuales ofrecieron algunas ventajas debido a su rápida impregnación o fijación y mejora en la adhesividad a una amplia variedad de agregados. Estas emulsiones se usan principalmente en la construcción de carreteras.

El uso del asfalto emulsificado para revestimientos protectivos y como ligante para mezclas de asfalto con fibras y cargas minerales llevan a las emulsiones aniónicas a una gran variedad de aplicaciones.

La principal ventaja del asfalto emulsificado sobre otras formas de asfalto es la fluidez a temperatura ambiente, además de la habilidad de mezclarse con agregados húmedos. Aún sobre el asfalto cortado tiene la gran ventaja de no contener disolventes que pueden ser peligrosos en su manejo.

Las emulsiones asfálticas se clasifican de acuerdo a su relativa deshidratación o velocidad de ruptura. RS de rompimiento rápido o inestables, MS de rompimiento medio o semiestables y SS de rompimiento lento o estables. Las emulsiones catiónicas se designan usando una C, como prefijo (ejem. CRS o CSS). Este sistema también incluye la clasificación de los productos de

acuerdo a las viscosidades Sayvolt Furol a 50°C, las emulsiones CRS-1 y CRS-2 están en los rangos de 20 a 100 y de 100 a 400 segundos respectivamente.

Una emulsión que su designación no contiene la letra "C", es siempre asumida como aniónica.

La letra "h" es agregada como sufijo para indicar una relativa dureza del asfalto (ejem. CSS-1h). Generalmente las emulsiones son fabricadas con asfalto de penetración a 25°C en un rango de 100 a 200 mm/10.

a). Emulsificantes para Asfalto.

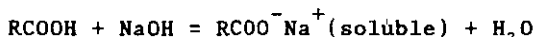
Los emulsificantes para fabricar emulsiones RS y CRS generalmente contienen grupos alquilos lineales como componente hidrofóbico. Estos surfactantes están caracterizados por su habilidad de formar películas monomoleculares. Las emulsiones de este tipo tienen una estabilidad limitada cuando son diluidas con agua.

Las emulsiones SS y CSS están usualmente hechas con emulsificantes que contienen grupos de hidrocarburos cíclicos, como la lignina o derivados de resinas.

Existen cuatro grupos generales de emulsificantes, los cuales se diferencian entre ellos por su carácter iónico; aniónicos, catiónicos, anfotéricos y no iónicos.

Además de estos, las arcillas forman un quinto tipo de emulsificantes para la fabricación de emulsiones asfálticas.

Los emulsificantes aniónicos son materiales derivados del petróleo, de los cuales se incluyen los naftenatos, sulfonatos y cresilatos. Estos son originalmente ácidos grasos o carboxílicos que son transformados en sales o jabones solubles en agua mediante el tratamiento con álcalis. Este proceso es denominado como saponificación.



Los emulsificantes catiónicos son aminas grasas de elevado peso molecular. Estas son insolubles en agua y tienen una naturaleza básica, por ese motivo, ellas forman con los ácidos, sales solubles en agua.



Los emulsificantes anfotéricos son excelentes emulsificantes de asfalto, sin embargo no han sido ampliamente usados debido a que son generalmente más caros que otros tipos de emulsificantes. Estos proveen a las emulsiones de una mayor adhesividad y pueden ser usados con todo tipo de agregados, ya sea

con carácter catiónico o aniónico.

Los emulsificantes no iónicos son usados como aditivos en menores cantidades en emulsiones aniónicas o catiónicas. La ausencia de carácter iónico da como resultado una pobre adhesión a los agregados, además el costo es generalmente mayor que los emulsificantes aniónicos.

Los emulsificantes no iónicos más usados son copolímeros de poli(óxido de etileno) y poli(óxido de propileno), además de los alcoholes polioxietilados.

Las arcillas emulsificantes tienen la habilidad de concentrarse en la interfase agua-asfalto y esa función actúa como estabilizador para dispersiones de asfalto.

La bentonita es la arcilla más usada en la fabricación de emulsiones asfálticas. Este tipo de emulsiones pueden considerarse de tipo aniónico. El pH de la fase acuosa es especialmente importante en el desarrollo de una máxima estabilidad en la emulsión.

El pH óptimo puede ser determinado experimentalmente para cada sistema en particular, pero generalmente está en el rango de 5 a 8.

Una desventaja de las emulsiones con arcilla es su relativa gran viscosidad con respecto a otras emulsiones.

b). *Manufactura de las Emulsiones Asfálticas.*

La función de un equipo básico para la elaboración de una emulsión, es hacer que las fases acuosa y asfáltica se junten de manera tal que puedan mezclarse y puedan formar la emulsión deseada.

Para ello se requiere un trabajo mecánico muy grande, debido a que la dispersión del asfalto no ocurre espontáneamente. Este equipo puede ser un molino coloidal, homogenizador, o un simple mezclador mecánico, dependiendo de la fuerza de corte requerida.

La cantidad de trabajo mecánico para dar el tamaño de partícula deseada depende grandemente del tipo de emulsificante usado. El tipo de asfalto, la viscosidad, la temperatura de operación y la caída de presión en el molino coloidal también afectan a la distribución del tamaño de la partícula.

Los molinos coloidales usados para la manufactura de las emulsiones consisten esencialmente en un disco cónico que gira a altas revoluciones. El asfalto y la solución emulsificante son forzados a pasar a través del claro entre el rotor y el estator.

El equipo completo para la producción de emulsiones consiste de tanques con calentamiento para el asfalto, tanques para la preparación de la solución emulsificante, bombas de alimentación, molino coloidal u otro equipo para emulsificar, un intercambiador

de calor para enfriar la emulsión a la salida del molino, y tanques de almacenamiento de la emulsión. Los tanques de asfalto, las tuberías y las bombas son generalmente calentadas con aceite térmico para enviar el asfalto al molino a temperaturas de 120 a 130°C. Los tanques, tuberías y bombas para el manejo de la solución emulsificante deben ser construidos de materiales resistentes a la corrosión por ácidos y álcalis.

La temperatura de la solución agua-emulsificante varía desde la temperatura ambiente hasta los 65°C, dependiendo del tipo de emulsificante y viscosidad del asfalto.

El intercambiador de calor para enfriar la emulsión a la salida del molino es requerida cuando la emulsión es llevada a temperatura arriba del punto normal de ebullición del agua. En algunos casos el intercambiador no es necesario. Sin embargo, algunas formulaciones requieren un rápido enfriamiento de la emulsión.

III

3. ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA PARA LOS ASFALTOS

La American Society for Testing and Materials (ASTM), clasifica a los asfaltos en tres tipos, de acuerdo a la aplicación que a estos se les da; los asfaltos para la construcción de pavimentos para carreteras, los asfaltos para sistemas de recubrimiento de techos y los asfaltos para recubrimientos protectivos resistentes a la humedad e impermeabilizantes.

Además, cada uno de estos tipos están especificados en varios grados diferenciados entre ellos por su dureza o viscosidad.

3.1 ESPECIFICACIONES

3.1.1 Asfaltos para Pavimentos.

La norma ASTM D-946 especifica a los asfaltos usados en la construcción de pavimentos y son denominados como cementos asfálticos (AC), esta clasificación incluye 5 grados diferenciados por su viscosidad a 60°C. Estos cementos asfálticos son utilizados esencialmente como aglutinantes en la mezcla con agregados fuertemente compactados para la elaboración de carpetas asfálticas aplicadas en carreteras, caminos, pistas y estacionamientos.

La mezcla del asfalto con los agregados puede llevarse a cabo en caliente o bien con asfalto líquido, ya sea con asfalto cortado en disolventes o con emulsión asfáltica.

3.1.2 Asfaltos para Recubrimientos de Techos.

Los asfaltos para sistemas de recubrimiento para techos están especificados en la Norma ASTM D-312, y están subdivididos en 4 grados distinguidos por el punto de reablandamiento y penetración.

3.1.3 Asfaltos para Recubrimientos Protectivos.

La norma ASTM D-449 especifica a los asfaltos usados en recubrimientos resistentes a la humedad e impermeabilizantes. Esta especificación cubre a tres tipos:

Tipo I, es un asfalto suave y adhesivo, que fluye fácilmente, usado principalmente donde las condiciones de temperatura son muy moderadas. Es aplicado en cimentaciones, túneles y tuberías bajo el suelo.

Tipo II, es un asfalto menos susceptible que el tipo I, con buena adhesividad, usado donde no esté expuesto a temperaturas mayores de 50°C. Este asfalto se utiliza en puentes, tanques y muros de retención.

Tipo III, es un asfalto con buenas propiedades de adhesión, disponible para ser usado sobre cualquier superficie expuesta

directamente a la luz del sol o temperaturas superiores a 50°C.

Tabla N^o. 3.1. Especificaciones de Cemento Asfáltico para pavimentos, ASTM D-946

PRUEBAS	GRADOS				
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad, 60°C, Pa.s	20-30	40-60	80-120	160-240	320-480
Viscosidad, 135°C, cSt	80 min	110 min	150 min	210 min	300 min
Penetración, 25°C, 100g, 5s, mm/10	200 min	120 min	70 min	40 min	20 min
Flash point, copa abierta, °C	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Prueba de película en horno					
Viscosidad, 60°C, Pa.s	125 max	250 max	500 max	1000 max	2000 max
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	100 min	100 min	50 min	20 min	10 min

Tabla N^o. 3.2. Especificaciones para asfalto usado en recubrimientos para techos, ASTM D-312

PRUEBAS	TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Punto de reablandamiento, °C	55	66	70	80	85	96	99	107
Penetración, mm/10								
a 0°C, 200g, 60s	3		6		6		6	
25°C, 100g, 5s	18	60	18	40	15	35	12	25
46°C, 50g, 5s	90	180		100		90		75
Flash point, copa abierta, °C	225		225		225		225	
Ductilidad, 25°C, cm	10		3		2.5		1.5	
Solubilidad en tricloroetileno, %	99		99		99		99	
Pendiente en la que se usa, %	4.2 max		4.2-12.5		8.3-25		16.7-50	

Tabla No.3.3. Especificaciones para asfaltos usados en recubrimientos resistentes a la humedad e impermeabilizantes, ASTM-D449

PRUEBAS	TIPO I		TIPO II		TIPO III	
	min	max	min	max	min	max
Punto de reablandamiento, °C	45	60	63	77	82	93
Flash point, °C	232		232		246	
Penetración, mm/10						
0°C, 200g, 60s	5		10		10	
25°C, 100g, 5s	50	100	25	50	20	40
46°C, 50g, 5s	100			130		100
Ductilidad, 25°C, cm	30		10		2	
Solubilidad en tricloroetileno, %	99		99		99	

3.2 MÉTODOS DE PRUEBA.

Las propiedades del bitumen son descritas por varias pruebas físicas. Generalmente son medidas la consistencia o la combinación de la consistencia y otra propiedad básica. Las pruebas y el control de las especificaciones son muy importantes en la manufactura de materiales asfálticos.

Las pruebas más importantes para la caracterización del asfalto son las siguientes:

3.2.1 Punto de Reablandamiento. ASTM D-36, método de anillo y bola.

El punto de reablandamiento se puede definir como la

temperatura a la cual el asfalto llega a un grado de suavidad bajo condiciones específicas. El bitumen no tiene un punto de fusión definido, porque cambia gradualmente de sólido a fluido durante el incremento de la temperatura.

La prueba se lleva a cabo cuando una esfera de acero de diámetro y peso definidos, pasa a través de un disco de la muestra montado sobre un anillo de latón.

El espécimen es calentado en un baño con glicerina a razón de 5° C por minuto. La temperatura en la que la muestra cae una distancia de 25.4 mm es registrada como el punto de reablandamiento.

3.2.2 Penetración. ASTM D-5

En este método se determina la distancia a la cual una aguja de dimensiones establecidas, penetra una muestra de asfalto previamente preparada, bajo condiciones específicas de temperatura, carga y tiempo.

La unidad de penetración es 0.1mm (décimas de milímetro), la cual generalmente es omitida en los reportes. El rango de la prueba es de 0-300, en donde los materiales más duros tienen una penetración mas baja.

3.2.3 Viscosidad. ASTM D-88, ASTM D-2170, ASTM D-2171, ASTM D-3205

ASTM E-102

La viscosidad es una medida de resistencia al flujo. Hay una variedad de instrumentos que son comúnmente usados para este propósito.

El método de capilaridad por vacío, a 60°C, es comúnmente usado para clasificar los cementos asfálticos para pavimentos, aunque es aplicable a materiales en el rango de 4.2-20,000 Pa.s.

El instrumento de capilaridad cinemática se usa por lo general en el rango de temperaturas de 60-135°C, para asfaltos líquidos y semisólidos en el rango de 30-100,000 mm²/s(=cSt).

El método Saybolt determina la viscosidad de los asfaltos líquidos a temperaturas especificadas entre 21 y 99°C. La viscosidad Saybolt Universal es el tiempo corregido de flujo en segundos, de 60 ml de muestra que pasan a través de un orificio Universal calibrado bajo condiciones específicas. El valor de la viscosidad es reportado en segundos Saybolt Universal(SUs) a una temperatura especificada. La viscosidad Saybolt Furol es el tiempo corregido de flujo de 60 ml de muestra que fluyen a través de un orificio Furol calibrado bajo condiciones específicas. Esta viscosidad es reportada en segundos Saybolt Furol(SFs).

A bajas temperaturas el instrumento de cono y plato ha sido utilizado ampliamente en el rango de viscosidades de 10²-10⁹ Pa.s.

3.2.4 Solubilidad en Disulfuro de Carbono. ASTM D-4

El asfalto es definido como una mezcla de hidrocarburos solubles completamente en disulfuro de carbono, por lo tanto, esta es una prueba para conocer la cantidad de impurezas contenidas en el asfalto. Además del disulfuro de carbono, se pueden usar otros disolventes, tales como el tricloroetileno o el 1,1,1-tricloroetano.

3.2.5 Ductilidad. ASTM D-113

La ductilidad de un asfalto es expresada como la distancia en centímetros a la cual una probeta estandarizada puede ser estirada antes de romperse a una temperatura y una velocidad de elongación especificada.

La ductilidad es una característica significativa del bitumen, sin embargo, la presencia o ausencia de la ductilidad es más importante que la cantidad determinada. La ductilidad no es una medida de una propiedad específica, más bien de una combinación de propiedades de flujo.

3.2.6 Punto de Inflamación. ASTM D-92, Copa Abierta Cleveland.

El punto de inflamación de un material es la temperatura mínima a la que los vapores que se desprenden de éste se encienden en contacto con una flama o chispa. La ignición de los vapores de

un material flamable no solo depende de la temperatura, sino también de la cantidad de aire presente, por lo que las determinaciones deben hacerse bajo condiciones controladas. Para los bitúmenes, esta prueba es convenientemente determinada por medio del método Copa Abierta Cleveland. En el procedimiento de este método, la copa de prueba es llenada con la muestra hasta un nivel establecido, la temperatura de la muestra se incrementa rápidamente en un principio, hasta el momento en que el punto de inflamación está cerca, entonces la temperatura se incrementa lentamente y constante. A intervalos especificados se pasa una pequeña flama por encima de la copa de prueba. La temperatura más baja a la cual los vapores generados sobre la superficie de la muestra del líquido son inflamados, es tomada como el punto de inflamación

3.2.7 Prueba de Pelicula en Horno. ASTM D-1754

Esta prueba es usada para medir los incrementos relativos de viscosidad o dureza de un bitumen expuesto a 163°C en una película de 3.2 mm. La película de bitumen es aplicada sobre un panel y expuesto en un horno durante 5 hr. La relación de la viscosidad a 60°C antes y después de la prueba es una medida del cambio de consistencia, la cual está relacionada con los cambios encontrados en el procesamiento de mezclado en caliente del asfalto.

3.2.8 Gravedad Específica. ASTM D-70

Este método cubre la determinación de la gravedad específica y densidad de asfaltos semisólidos y cementos asfálticos con el uso de un picnómetro. La gravedad específica de los materiales bituminosos es la relación de las masas de un volumen dado del material a 25°C o 15.6°C y un volumen igual de agua a la misma temperatura, expresada como: gravedad específica, 25/25°C o 15.6/15.6°C. La densidad es la masa por unidad de volumen y se expresa como: densidad, 25°C, g/cm³ o 15.6°C, g/cm³. Para asfaltos líquidos generalmente es utilizado un hidrómetro.

3.2.9 Intemperismo Acelerado. ASTM D-529

Esta prueba evalúa la resistencia relativa a la intemperie de asfaltos utilizados como recubrimientos protectivos, especialmente aplicados en techos. Las películas de bitumen son aplicadas sobre paneles de aluminio o materiales prefabricados usados como sistemas de techado cortados de tamaño apropiado y expuestos a ciclos especificados de temperatura, luz y agua. Una medida indirecta de la durabilidad o tiempo de servicio puede ser obtenido con este método.

4. RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS

Los recubrimientos bituminosos o asfálticos pueden estar formados solo por asfalto o como mezclas de asfalto con cargas minerales, fibras y disolventes o agua.

Estos recubrimientos son utilizados principalmente en la industria de la construcción como sistemas de protección para techos, impermeabilización de estructuras y sistemas de aislamiento. Además tienen un amplio uso industrial como recubrimientos anticorrosivos para estructuras, equipos y tuberías metálicas

Debido a las propiedades que les da el asfalto, como la excelente resistencia al agua, la resistencia a ciertos químicos, la adherencia y viscoelasticidad, además de su costo relativamente bajo, los hacen apropiados para aquellas aplicaciones donde el color no es un factor determinante. Sin embargo estos recubrimientos tienen ciertas desventajas derivadas de la naturaleza del asfalto, como la susceptibilidad a las temperaturas.

Muchas aplicaciones de los recubrimientos bituminosos

requieren una gama de temperaturas de servicio moderada a menudo no mayor a las causadas por los cambios climatológicos. Sin embargo, otras aplicaciones, tales como recubrimientos de recipientes y tuberías para algunos procesos químicos, pueden requerir una gama de temperaturas de servicio mucho más amplias. En cualquier caso, es posible obtener buen rendimiento en servicio con recubrimientos bituminosos en una gama de temperaturas de -70 y 160°C .

El asfalto por sí solo es un aislante térmico relativamente malo. Sin embargo, empleando cargas de baja densidad, se pueden formular recubrimientos de buenas propiedades aislantes. Estos recubrimientos además de aislamiento térmico proporcionan protección contra la corrosión. Por otra parte, los bitúmenes son por naturaleza buenos aislantes eléctricos. Esto es una consideración importante en los sistemas que emplean protección catódica como medio complementario de protección frente a la corrosión.

Los recubrimientos bituminosos tienen generalmente buena resistencia a la intemperie, aunque hay una gran diferencia en el comportamiento de los recubrimientos de asfaltos derivados de diferentes petróleos y procesos. Seleccionando eficazmente el petróleo y el método de elaboración, se pueden formular recubrimientos asfálticos que resistan a la intemperie durante

muchos años. En aplicaciones industriales los agentes corrosivos afectarán a la resistencia a la intemperie. En general, la resistencia de los recubrimientos bituminosos a los medios corrosivos es igual a la de los mejores recubrimientos orgánicos.

Los recubrimientos bituminosos tienen buena resistencia a los ácidos clorhídrico, sulfúrico y fosfórico diluidos, así como al hidróxido de sodio. También tienen buena resistencia a soluciones de nitrato y sulfato de amonio. Sin embargo no resisten al ácido nítrico diluido, además la mayoría de estos recubrimientos no resisten a los aceites, grasas ni disolventes derivados del petróleo.

4.1 CLASIFICACIÓN

Generalmente se clasifican los recubrimientos bituminosos por sus características de aplicación. Los recubrimientos pueden dividirse en tres clases, que dependen de la necesidad o no de calentarlos antes de su aplicación.

4.1.1 Recubrimientos de Aplicación en Caliente.

Están constituidos por un 100% de bitumen o por mezclas de bitumen con cargas seleccionadas. Estos recubrimientos se llevan a la viscosidad de aplicación deseada por calentamiento. Por lo general son utilizados asfaltos soplados de alto punto de

reablandamiento. La temperatura de calentamiento no debe superar los 220°C, porque se degradan.

Son económicos y libres de solventes, pero no se adhieren sobre superficie húmedas.

Este tipo de recubrimientos son utilizados en la mayoría de las tuberías enterradas, en recubrimientos impermeabilizantes para techos, así como en juntas de expansión en carreteras y puentes.

Forman películas fuertes y duras, resistentes a la penetración y al tránsito, por lo que se recomiendan para techos que serán recubiertos con enladrillado.

4.1.2 Recubrimientos de Aplicación en Frío.

Para obtener la consistencia de aplicación se utilizan disolventes y agua. Se emplean una gran variedad de disolventes y su elección depende principalmente a las características de secado que se deseen y del poder de solvatación necesaria para disolver el tipo particular de asfalto usado. También son utilizadas una serie de cargas minerales y fibras sintéticas o naturales para darle a los recubrimientos la consistencia adecuada para su aplicación en frío y sus propiedades finales. Este tipo de aplicación es por mucho la forma más usada, debido a su facilidad de manejo así como a un menor riesgo durante la aplicación.

En los últimos años los sistemas de aplicación en frío han

evolucionado notablemente, con lo cual se han desarrollado productos con mejores características de servicio y una mayor durabilidad, haciendo que los sistemas tradicionales de aplicación en caliente queden casi obsoletos.

4.1.3 Recubrimientos Prefabricados.

Estos recubrimientos son películas bituminosas prefabricadas de espesor uniforme, compuestas de una base de asfalto modificado con elastómeros y rellenos minerales, armado en su parte central por una o varias mallas de refuerzo.

Generalmente cuentan con un acabado de arena o granular coloreado, que proporciona un aspecto decorativo y una protección contra la degradación. Se adhieren sobre la superficie por medio de flama de gas butano o utilizando adhesivos asfálticos de aplicación en caliente o en frío.

Los recubrimientos prefabricados tienen una gran impermeabilidad y capacidad de elongación, además de una alta resistencia mecánica y a la penetración.

4.2 USOS Y APLICACIONES

4.2.1 Impermeabilizantes.

Los bituminosos son el tipo de recubrimientos para impermeabilizar más utilizados en México. La principal función de

estos recubrimientos es la de formar un sistema impermeable que proteja a las construcciones en contra de la filtración de agua.

Los sistemas de impermeabilización pueden estar formados por una o varias capas elaboradas con masillas asfálticas, fieltros o membranas saturados o impregnadas de asfalto, o bien con recubrimientos prefabricados con asfalto modificado.

a). Las masillas para impermeabilización, son revestimientos semisólidos de consistencia pastosa que están elaboradas a partir de asfalto emulsionado o cortado en disolventes, cargas minerales finamente divididas y fibras naturales o sintéticas. Estos recubrimientos de aplicación en frío brindan una capa protectora gruesa e impermeable para superficies nuevas o superficies con un sistema de impermeabilización asfáltica deteriorada.

Las masillas en base a emulsión asfáltica son altamente recomendadas para casi la mayoría de aplicaciones, especialmente si están protegidas por recubrimientos reflectivos. Estos recubrimientos no contienen solventes y poseen una gran estabilidad, longevidad y no sufren fluencia o hundimientos, cualesquiera que sean la pendiente o la temperatura. Se deben dejar secar completamente antes de estar expuestos a la lluvia o a bajas temperaturas. Este sistema de impermeabilización se aplica en combinación con membranas de refuerzo, para evitar fisuras

debidas a los movimientos estructurales.

Los sistemas con masillas de base solvente permiten su aplicación sobre superficies de concreto, lámina o madera, verticales, horizontales o inclinadas que tienen un contacto frecuente con el agua, inclusive que permanecen en inmersión continua. Estos recubrimientos tienen una alta penetración y se recomienda su uso en superficies con polvo o cuando exista peligro de lluvia o de bajas temperaturas antes de que un sistema emulsionado pudiera secar completamente. Este tipo de recubrimientos están elaborados generalmente con asfalto soplado, agregados minerales, fibras naturales y disolventes de rápida evaporación. Son materiales de gran flexibilidad, adherencia y resistencia a condiciones climáticas extremas.

b). Los fieltros saturados y membranas impregnadas de asfalto pueden ser de celulosa, asbesto o de fibra de vidrio. Este sistema de recubrimiento es elaborado mediante la aplicación de varias capas de fieltro o membrana adheridas entre sí mediante asfalto caliente o por procesos en frío utilizando cementos bituminosos emulsificados o cortados en disolvente. Estos recubrimientos son generalmente utilizados en lugares con climas muy extremos, debido a que además de impermeables poseen características de aislamiento térmico.

c). *Sistemas prefabricados.* Estos recubrimientos son películas prefabricadas de asfalto modificado a base de polímeros de polipropileno atáctico (APP), o de estireno-butadieno-estireno (SBS), reforzadas con una o varias membranas de poliéster. Estas películas prefabricadas tienen por la cara superior un acabado, que puede ser de arena fina o un acabado granular a base de gravilla coloreada, los espesores de estos recubrimientos varían desde 2.8 a 4.5 mm.

Este sistema de impermeabilización ha tenido una gran demanda en los últimos años, debido a las enormes ventajas que ofrece, como su durabilidad, su poco mantenimiento y los ahorros que en tiempo y costos implican. Sus características proporcionan numerosos beneficios como son su gran resistencia a la tensión, capacidad de elongación, estabilidad dimensional, y firmeza de adherencia en todo tipo de superficies. Este sistema posee además de una alta resistencia a los rayos UV y a los choques térmicos, una gran capacidad de recibir acabados de tipo pesado, ya sean de concreto hidráulico, asfáltico, tejas y ladrillo.

4.2.2 Primarios.

Los primarios asfálticos son materiales diseñados para imprimir superficies secas o húmedas que van a ser recubiertas por un sistema asfáltico, su baja viscosidad hace que tengan gran

penetración en el sustrato, ayudando a que el recubrimiento tenga un mejor agarre. Estos materiales pueden ser elaborados con emulsiones asfálticas o asfaltos cortados con disolventes de rápida evaporación.

4.2.3 Cementos Plásticos.

Los cementos plásticos son pastas bituminosas a base de asfalto soplado, rellenos minerales y fibras, con buenas propiedades de flexibilidad, adhesión e impermeabilidad utilizados principalmente para rellenar grietas y fisuras en techos y paredes, sellar y resanar techos de lámina de asbesto y metálica, sellar domos y tragaluces.

4.2.4 Películas Delgadas.

Los recubrimientos con un espesor menor de 6 milésimas de pulgada se incluyen en este grupo. Este tipo de recubrimientos se emplean para la protección de piezas de maquinaria y herramientas durante su almacenamiento. Para separar el recubrimiento protector inmediatamente antes de su empleo de las piezas pueden emplearse disolventes de petróleo de bajo precio, como el keroseno, ya que estos recubrimientos conservan su solubilidad incluso después de un largo evejecimiento.

Los recubrimientos asfálticos pigmentados para acabado

también pueden ser incluidos en esta clase.

4.2.5 Protección Anticorrosiva.

Los recubrimientos industriales de mucho cuerpo llevan cargas de baja densidad y fibras minerales. Pueden formularse de manera que los recubrimientos con un espesor de 6 mm no se escurran ni descuelguen al aplicarse sobre superficies verticales. sin embargo, generalmente se utilizan en espesores de 0.15 a 3 mm.

Los recubrimientos anticorrosivos se usan ampliamente en plantas industriales para proteger depósitos y estructuras de acero de ambientes corrosivos, tales como ácidos, álcalis, soluciones salinas, amoníaco, dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno.

También se emplean en gran medida estos recubrimientos en los ferrocarriles. Los vagones cisterna para el transporte de líquidos corrosivos se recubren a menudo completamente por su parte exterior para dar buena protección al área de la tolva, donde es fácil que se derrame el líquido. También se emplean estos recubrimientos en el interior y exterior de los vagones tolva para el transporte de productos químicos en polvo.

4.2.6 Aislamiento Térmico.

Pueden emplearse cargas de baja densidad en masillas

bituminosas para producir recubrimientos con valores de aislamiento relativamente buenos, siendo típico un valor de $k=0.08$ milical/cm²/°C. Los recubrimientos aislantes se aplican generalmente con un espesor algo mayor que el de las masillas convencionales para conseguir el valor de aislamiento deseado. Se emplean en espesores entre 6 y 10 mm, y a causa de ese espesor y su resiliencia, tienen una excelente resistencia al deterioro.

4.2.7 Protección Automotriz.

Son recubrimientos de tipo masilla que contienen cargas minerales y fibrosas. Se utilizan para recubrir las partes inferiores de los automóviles y camiones, salpicaderas, tanques de gasolina y bastidores para protegerlos contra la corrosión.

Los recubrimientos de este tipo tienen una alta resistencia a las sales anticongelantes, humedad y abrasión. La acción de taponamiento y relleno de huecos es también eficaz en la reducción de infiltraciones de polvo.

4.2.8 Amortiguamiento de Ruidos.

Pueden formularse recubrimientos antirruidos o insonorizantes de alta eficacia a partir de asfaltos seleccionados y cargas de alta densidad. Tienen mejores propiedades insonoras que los recubrimientos para bajos de automóviles, y se emplean en las

paredes, techo y paneles de las puertas del automóvil, donde el amortiguamiento del sonido es de primera necesidad, antes que la resistencia a la abrasión y protección contra la corrosión.

También son empleados en vagones de pasajeros de ferrocarril, casas remolque, fregaderos de cocina, cabinas de aire acondicionado y conductos de ventilación.

4.2.9 Protección de Tuberías.

Los recubrimientos industriales son excelentes para la protección de tuberías no enterradas, sin embargo, el ambiente de exposición en el subsuelo y el uso complementario de protección catódica hace necesario el empleo de revestimientos especialmente diseñados. Las tensiones que se crean en las expansiones y contracciones del suelo requieren que el recubrimiento sea muy tenaz. Puede preverse que rocas y otros objetos agudos creen altas presiones localizadas sobre la superficie del recubrimiento. Un recubrimiento debe poseer buenas propiedades de flujo en frío para resistir la penetración de objetos que pueden producir presiones localizadas de hasta 7 kg/cm². La protección catódica, se utiliza ampliamente para prevenir los procesos de corrosión que ocurren en las fisuras del recubrimiento de la tubería.

Los recubrimientos para tuberías son en general de aplicación del tipo en caliente. La aplicación del recubrimiento puede

hacerse en la fábrica, en un taller móvil especial para el recubrimiento de tuberías o en la zanja dependiendo el sistema del terreno. Puede darse mayor resistencia al recubrimiento embebiendo en él una membrana de fibra de vidrio cuando todavía está caliente.

5. COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS

La composición de los recubrimientos bituminosos varía generalmente de acuerdo al uso y a las características de servicio requeridas, además de otros factores importantes como la disponibilidad de materiales, costos, formas de aplicación y métodos de procesamiento.

El conocimiento de las condiciones a las que el producto aplicado estará expuesto, la selección de las materias primas que serán utilizadas en el recubrimiento, así como el procedimiento de fabricación son fundamentales en el desarrollo de estos recubrimientos.

5.1 COMPOSICIÓN

En forma general, un recubrimiento bituminoso se compone de una base asfáltica, disolventes o agua, cargas minerales y fibras de refuerzo, además de pequeñas concentraciones de otros materiales que proporcionan ciertas características a determinados recubrimientos

A continuación se presentan las formulaciones básicas de los

recubrimientos asfálticos más representativos utilizados tanto en la construcción como para usos industriales y protección de carrocerías de automóviles.

5.1.1 *Primario Asfáltico en Disolvente.*

PRIMARIO ASFÁLTICO EN DISOLVENTE		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	AC-20, OXIDADO	35.0-50.0
DISOLVENTE	GAS NAFTA, TOLUENO, XILENO.	50.0-65.0
PROMOTOR ADHESIVIDAD SOBRE SUP. HUMEDAS	SURFACTANTE	0.0-1.0

5.1.2 *Primario Asfáltico en Emulsión.*

PRIMARIO ASFÁLTICO EN EMULSIÓN		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	AC-20	58.0-64.0
AGUA	TRATADA	35.0-39.0
EMULSIFICANTE	TENSOACTIVOS ANIÓNICOS Y NO IÓNICOS	0.5-4.0
CONTROL DE pH	NaOH	0.1-0.4
ANTIESPUMANTE	ACEITE MINERAL	0.1-0.5
ESPELANTE	CELULÓSICO, ACRÍLICO	0.0-0.5
ANTICONGELANTE	ETILENGLICOL	0.0-1.0

5.1.3 Impermeabilizante Asfáltico en Disolvente.

IMPERMEABILIZANTE ASFÁLTICO EN DISOLVENTE		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	I, II, III, ASTM D319, D449	40.0-55.0
DISOLVENTE	GAS NAFTA, TOLUENO, XILENO, KEROSENO	20.0-55.0
CARGAS MINERALES	CaCO ₃ , DIATOMITA, SÍLICA	10.0-25.0
FIBRAS	ASBESTO, CELULÓSICAS	5.0-15.0

5.1.4 Impermeabilizante Asfáltico en Emulsión.

IMPERMEABILIZANTE ASFÁLTICO EN EMULSIÓN		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	AC-20	40.0-50.0
AGUA	TRATADA	40.0-50.0
EMULSIFICANTE	EMULSIFICANTES QUÍMICOS O COLOIDES MINERALES	0.5-4.0
CONTROL DE pH	NaOH	0.05-0.4
CONTROL REOLÓGICO	BENTONITA	4.0-8.0
CARGAS Y FIBRAS MINERALES	CAOLÍN, CaCO ₃ , SÍLICA, ASBESTO	2.0-6.0
ANTIESPUMANTE	ACBITE MINERAL	0.1-0.5
BIOCIDA	CLORACETAMIDA, FORMOL	0.05-0.2

5.1.5 *Cemento Plástico.*

CEMENTO PLÁSTICO		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	I,II,III, ASTM D-319 ASTM D-449	40.0-60.0
DISOLVENTE	GAS NAFTA, TOLUENO, XILENO	20.0-50.0
CARGAS MINERALES	DIATOMITA, CaCO ₃ , CAOLÍN	5.0-20.0
FIBRAS MINERALES	ASBESTO	5.0-20.0

5.1.6 *Recubrimiento Pigmentado para Acabado.*

RECUBRIMIENTO PIGMENTADO PARA ACABADO		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	AC-20, OXIDADO	25.0-30.0
DISOLVENTE	GAS NAFTA, TOLUENO, XILENO	50.0-60.0
ALUMINIO METÁLICO	TIPO LEAFING	11.0-16.0
FIBRAS	ASBESTO, SINTÉTICAS	0.0-5.0
ANTIOXIDANTE		0.1-0.2

5.1.7 Recubrimiento Antirruido.

RECUBRIMIENTO ANTIRRUIDO		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	AC-20, SOPLADO	30.0-25.0
DISOLVENTE	TOLUENO, XILENO, HEXANO	20.0-30.0
CARGAS MINERALES	CaCO ₃ , SÍLICA, CUARZO	10.0-20.0
FIBRAS	ASBESTO, SINTÉTICAS	10.0-15.0
RETARDANTE DE FLAMA	POLIFOSFATO DE AMONIO	1.0-5.0
PROMOTOR ADHERENCIA	RESINAS NATURALES	0.0-2.5

5.1.8 Recubrimiento para Carrocerías y Superficies Metálicas.

RECUBRIMIENTO PARA CARROCEERÍAS Y SUPERFICIES METÁLICAS		
COMPONENTE	MATERIAL	% EN PESO
ASFALTO	AC-20	40.0-50.0
AGUA	TRATADA	40.0-50.0
EMULSIFICANTE	SURFACTANTES QUÍMICOS	0.5-2.5
CONTROL DE pH	NaOH	0.05-0.2
CONTROL REOLÓGICO	BENTONITA	4.0-8.0
CARGAS MINERALES	CaCO ₃ , SÍLICA, TALCO	2.0-10.0
FIBRAS	ASBESTO, SINTÉTICAS	2.0-6.0
ANTIESPUMANTE	ACEITE MINERAL	0.1-0.5
BIOCIDA	CLORACETAMIDA, FORMOL	0.05-0.2
ADITIVO ANTICORROSIVO	DICROMATO DE SODIO	0.1-0.5
RETARDANTE DE FLAMA	POLIFOSFATO DE AMONIO	1.0-5.0

5.2 PROCESAMIENTO

Los recubrimientos bituminosos, en su gran mayoría son elaborados a partir de asfaltos líquidos, ya sea emulsionados o cortados en disolventes. Sin embargo, están los que se aplican en caliente y los prefabricados, que son elaborados con asfaltos sólidos.

Los recubrimientos asfálticos de aplicación en frío, tienen básicamente el mismo procedimiento de fabricación, independientemente si se trata de emulsionados o en disolución.

La emulsión asfáltica o el asfalto cortado (cut back), junto con cargas y fibras minerales, además de otros componentes, de acuerdo a las formulaciones, son perfectamente mezclados hasta obtener la consistencia adecuada y las características finales del producto, establecidas previamente.

5.2.1 Materias Primas.

a). Cargas y Fibras Minerales.

La adición de cargas minerales en los recubrimientos proporcionan las siguientes características: fluidez, estabilidad dimensional, resistencia a la fricción, menor susceptibilidad a la temperatura, economía, etcétera.

Las propiedades físicas del producto terminado pueden mejorarse notablemente mediante una selección adecuada de los

materiales de relleno.

A continuación se discute brevemente cada una de las cargas más utilizadas en la industria de los recubrimientos bituminosos.

CAOLÍN. La fórmula generalmente es expresada como $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ pero también se da como $Al_2Si_2O_5(OH)_4$.

Se encuentran dos grados de caolín, la forma natural hidratada y el calcinado en forma anhidra. Las formas hidratadas son no abrasivas, resistentes a productos químicos y tienen una gran área superficial. Presentan un pH ácido, se dispersan totalmente y con facilidad. Son de precio bajo y contribuyen a la tixotropía, nivelamiento y brocheabilidad cuando se utilizan en recubrimientos emulsionados.

El peso específico del caolín es alto y tiene buena resistencia a la luz. Mejora la superficie de los recubrimientos e incrementa la densidad y dureza, su tamaño de partícula fluctúa entre 0.5-1.5 micras.

TALCO. Es un silicato de magnesio hidratado, de color blanco y blando, se obtiene por la molienda del mineral de depósitos naturales.

Existen tres tipos de talco: talco micáceo o granular, talco fibroso o acicular y talco en hojuelas o laminar.

El talco o asbestina por su inactividad química, bajo costo, buenas características de sedimentación, durabilidad y habilidad

para impartir cuerpo a las películas, lo hace una carga de uso generalizado, ya que proporciona máximo refuerzo a la película, sin embargo, en exceso puede afectar el flujo del recubrimiento.

Se usa en recubrimientos que imparten protección a la corrosión.

DIATOMITA. Está constituida por esqueletos silíceos de cuerpos unicelulares llamados diatomeas. La diatomita es esencialmente sílice, SiO_2 .

La diatomita en estado relativamente puro es una sustancia blanca, quebradiza y porosa, de poca densidad. La diatomita impura puede tener un color crema, gris, pardo, verde o negro. Tiene formas geométricas irregulares, absorbe de 1.5 a 4 veces su peso de agua y tiene una alta resistencia al ácido fluorhídrico y es soluble en álcalis fuertes. Es relativamente barata y fácil de dispersar, contribuye en cierto grado al control de la rugosidad de la película y ayuda a conseguir el nivel de brillo deseado en acabados semibrillantes o mates.

La mezcla de diatomita y caolín proporciona permeabilidad regular al vapor de agua, aumenta la viscosidad y resistencia a la abrasión en húmedo.

BENTONITA. Es una arcilla coloidal, básicamente formada por silicato de aluminio, representada por la fórmula $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Existen dos variedades, la bentonita sódica, que tiene gran capacidad de esponjamiento y la bentonita cálcica, con insignificante propiedad de esponjamiento o hinchamiento. Para la fabricación de recubrimientos generalmente es utilizada la bentonita sódica.

Las suspensiones acuosas de bentonita, con aproximadamente 8 partes de ésta por 100 de agua, muestran características tixotrópicas. Dichas dispersiones son estables siempre y cuando se emplee agua blanda.

Su propiedad tixotrópica permite usar a la bentonita para dar cuerpo a los recubrimientos asfálticos emulsionados, debido a su gran absorción de agua, sin embargo, debe formularse con cuidado, pues el exceso disminuye la resistencia de la película a los agentes atmosféricos.

CARBONATO DE CALCIO. Este mineral es uno de los materiales más comunes, abundantes y más ampliamente usados en la industria.

Se encuentra en las piedras calizas tales como la calcita, blanco de España, y marmol en donde alcanza a tener una concentración de 98% de CaCO_3 .

Tiene una baja absorción de aceite, alta densidad, y es el más barato de los materiales usados como carga mineral, por lo cual es usado en la mayoría de formulaciones de los recubrimientos bituminosos.

Además del natural, existe el carbonato de calcio precipitado, que puede presentar una amplia variedad de grados.

Ambos tipos de carbonato tienen básicamente la misma composición, solo difieren en el color, pureza, finura y en el costo.

MICA. Es un mineral con estructura en forma de hojuelas, compuesto generalmente de silicoaluminato de hierro o magnesio. Se encuentra en forma natural en minerales como la moscovita y la flogotita.

Se conoce que la mica en recubrimientos en base acuosa es la mejor carga mineral para impedir el estrellamiento o cuarteamiento de la película, pues posee la propiedad de producir películas laminares, las cuales tienen una gran resistencia a la intemperie.

ASBESTO. Asbesto es la denominación general aplicado a minerales fibrosos que son incombustibles. Este mineral presenta una composición química que varía entre un silicato de magnesio sencillo (crisotilo) y silicatos complejos, como los de hierro y magnesio (antofilita y amosita) o silicatos de hierro y sodio (crocidolita).

La fórmula del crisotilo es, $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Los diferentes tipos de asbesto contienen generalmente, SiO_2 , MgO , FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , H_2O , CaO y Na_2O .

Existen muchas formas y tipos de asbestos que varían desde

los de fibra larga, sedosa y suave, hasta los de fibra corta, quebradiza y áspera. El color puede variar de blanco, gris verdoso, pardo amarillento o azul.

Sus características fibrosas permiten su aplicación en recubrimientos bituminosos para dar volumen, y sobre todo como material de refuerzo que se entrelaza formando películas con una gran estabilidad dimensional.

En los últimos años se ha tratado de sustituir al asbesto por otro tipo de fibras, tanto naturales como sintéticas, sin embargo, estas fibras no han podido desplazar completamente al asbesto.

b). Disolventes.

Los disolventes utilizados en la elaboración de recubrimientos bituminosos son derivados del petróleo, debido a que estos disuelven con facilidad al asfalto.

Es preciso considerar ciertos factores para la selección de los disolventes utilizados en la manufactura de los recubrimientos, como son, la flamabilidad, velocidad de evaporación, costos, disponibilidad, etc..

TOLUENO. Hidrocarburo aromático derivado del benceno, de fórmula química $C_6H_5CH_3$, con peso molecular de 92 y una densidad de 0.86 g/cc, es un líquido incoloro, de olor característico e insoluble en agua. Tiene un rango de destilación a 585 mmHg de

98 a 102°C. Es un disolvente de evaporación rápida, que puede ser utilizado en combinación de gas nafta.

GAS NAFTA. Es un disolvente alifático incoloro e insoluble al agua, también conocido como nafta de petróleo o éter de petróleo.

Tiene una densidad de 0.77 g/cc, y un rango de destilación a 585 mmHg de 120 a 185°C. Tiene un menor poder de solvatación al asfalto que el tolueno o el xileno.

XILENO. Disolvente aromático derivado del benceno, incoloro e insoluble en agua. Tiene densidad de 0.86 g/cc, y un rango de destilación a 585 mmHg de 125 a 130°C. Tiene características similares al tolueno, aunque este tiene una velocidad de evaporación más lenta.

HEXANO. Es un disolvente alifático, incoloro e insoluble al agua, tiene un peso molecular de 86 y una densidad de 0.67 g/cc, es muy volátil y explosivo. Su rango de destilación a 760 mmHg es de 65 a 70°C, es utilizado cuando se requiere un secado de la película muy rápido, como en los adhesivos asfálticos o recubrimientos para carrocerías.

c). Aditivos.

ANTIESPUMANES. Generalmente se usan aceites minerales o silicones como antiespumantes y desespumantes. Los recubrimientos bituminosos incluyen aire durante la agitación en el proceso de

fabricación. Debido a que las pequeñas burbujas de aire afectan a la película aplicada, disminuyendo su efectividad, es necesario eliminar ese aire incluido.

BIOCIDAS. Los recubrimientos emulsionados forman hongos después de cierto tiempo, por lo tanto es necesario adicionar ciertas cantidades de un biocida. Por lo general se pueden usar materiales que contienen cloracetamida.

CONTROL DEL pH. Las emulsiones asfálticas son más estables dentro de un rango de pH. En este caso, para los recubrimientos bituminosos son utilizadas emulsiones aniónicas, que tienen su mayor estabilidad entre 7 y 11.

ESPESTANTES. Para aumentar la viscosidad de las emulsiones asfálticas es necesario agregar un espesante, generalmente de celulosa, aunque se usan también los espesantes acrílicos.

RETARDANTE DE FLAMA. En los recubrimientos para carrocerías y antirruídos es necesario que el producto no se encienda, por tal motivo un retardante de flama es incluido en las formulaciones de estos recubrimientos. El polifosfato de amonio es utilizado como retardante de flama.

Además son utilizados frecuentemente anticongelantes, promotores de adherencia, agentes antioxidantes, anticorrosivos y otros aditivos.

5.2.2 Procesos de Fabricación.

La manufactura de los recubrimientos bituminosos puede seguir cualquiera de los dos procesos siguientes, dependiendo del tipo de producto final requerido.

a). Recubrimientos Emulsionados.

El asfalto AC-20 suministrado por PEMEX, es almacenado en tanques de tipo atmosférico, que cuentan con un serpentín de calentamiento a base de aceite térmico.

En uno o varios tanques con agitación y provistos de serpentín de calentamiento, es preparada una solución acuosa que contiene los emulsificantes, antiespumante, espesante y la sosa necesaria para dar el pH requerido. Esta solución deberá tener una temperatura de 25 a 65°C, dependiendo del tipo de emulsificante utilizado.

El asfalto AC-20, con una temperatura de 120 a 130°C, es alimentado junto con la solución emulsificante, a través del molino coloidal. La emulsión obtenida es enviada a los tanques de almacenamiento, tratando que llegue con la menor temperatura posible, para evitar la formación de nata. Si es necesario se deberá colocar un intercambiador de calor entre la salida del molino coloidal y los tanques de almacenamiento de la emulsión asfáltica.

En una mezcladora horizontal con agitador de tipo listón, se prepara un gel con agua y bentonita. Se adiciona el resto de cargas y fibras minerales, se mezclan hasta que se incorporen completamente. Se agregan la emulsión asfáltica y el resto

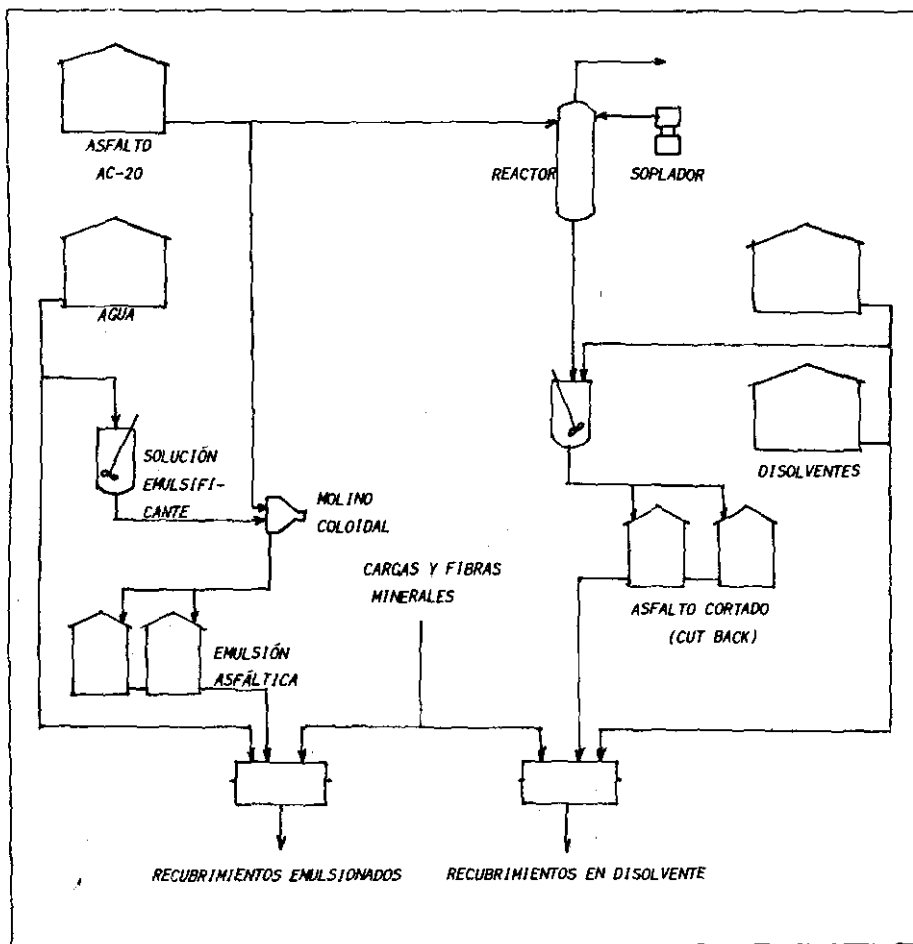


Fig. No. 7. Proceso de fabricación de los recubrimientos bituminosos.

79
 ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

de componentes, manteniendo la agitación el tiempo necesario para obtener un producto homogéneo y libre de grumos.

b). *Recubrimientos en base Disolvente.*

El asfalto AC-20 es enviado al reactor, donde se oxida por medio de aire suministrado por un soplador de tipo rotatorio. La temperatura de operación es de 220 a 270°C. El tiempo de soplado dependerá del grado de dureza o temperatura de reablandamiento que se quiera alcanzar

Para la elaboración del asfalto cortado (cut back), es necesario un tanque vertical con agitación y enchaquetado con agua de enfriamiento para disminuir la presión generada por los vapores de los disolventes en contacto con el asfalto caliente.

Se pone en el tanque, el disolvente menos volátil, adicionando lentamente el asfalto oxidado a la temperatura más baja posible, mientras la bomba de alimentación lo permita. Manteniendo la agitación, se agrega el resto de disolventes, antes de que la primera mezcla se enfríe y aumente su viscosidad.

Por otro lado, en una mezcladora horizontal con agitador de listones, se alimenta el asfalto cortado, y se van adicionando las cargas minerales, fibras y aditivos, manteniendo siempre una agitación constante, hasta obtener el producto requerido.

6. ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA DE LOS RECUBRIMIENTOS BITUMINOSOS

Los recubrimientos bituminosos son especificados de acuerdo a los requerimientos necesarios para la aplicación y funcionalidad del producto puesto en servicio.

El productor deberá tener una comunicación estrecha con el cliente, para conocer las necesidades reales de éste. Los requerimientos del producto son mejor conocidos por el consumidor, y por lo tanto, son ellos quienes en muchas ocasiones establecen las características que deben tener los materiales que desean adquirir.

En ciertos casos, como en la industria automotriz, son los técnicos de las armadoras quienes determinan las especificaciones del producto consumido en base a sus propias normas.

Sin embargo hay que tomar en cuenta que las especificaciones de los recubrimientos bituminosos no son una garantía de la funcionalidad de los productos, debido a que intervienen factores que están fuera del alcance del productor, como la preparación de la superficie, una adecuada aplicación o la selección adecuada del

producto requerido.

6.1 ESPECIFICACIONES

La norma PEMEX 4.133.01 establece las especificaciones de los recubrimientos bituminosos utilizados como impermeabilizantes de techos y cimentaciones, además de recubrimientos de uso industrial.

6.1.1 Primario Asfáltico en Disolvente.

El asfalto contenido no deberá ser menor del 35% en peso.

El punto de reablandamiento del asfalto: 45 a 55°C.

La penetración del asfalto, a 25°C, 100g, 5seg: 60 a 100 mm/10.

El producto deberá estar libre de agua y tener una viscosidad Furol de 25 a 75 seg. a 25°C.

Destilación: entre 225 y 360°C, no menor del 35% del volumen total de la base asfáltica. Arriba de 360°C, no mayor del 75% del volumen total de la base asfáltica.

El residuo obtenido de la destilación arriba de los 360°C deberá tener: penetración, a 25°C, 100g, 5seg, de 25 a 50 mm/10 y una solubilidad en disulfuro de carbono no menor de 99%.

6.1.2 Primario Asfáltico en Emulsión.

La emulsión asfáltica deberá ser homogénea sin presentar separación de asfalto, después de agitarse intensamente.

La viscosidad Saybolt-Furol debe ser mínimo de 20 seg y máximo de 100 seg.

La emulsión debe ser estable y debe tener un asentamiento no mayor al 5% durante 5 días de prueba.

La emulsión deberá conservar su estabilidad cuando se mezcla con cemento hidráulico.

Las partículas de asfalto deberán ser de tamaño uniforme y el porcentaje de retenido en malla N^o.20 no debe ser mayor de 0.1%.

Cuando la emulsión se somete a un secado total, la película formada debe tener cuando menos un 57% del peso de la muestra.

La penetración de la película formada a partir de la emulsión debe tener un mínimo de 40 y un máximo de 100 mm/10.

La ductilidad mínima del residuo: 40 .

La solubilidad del residuo en disulfuro de carbono: mínimo 97.5% .

Porcentaje de cenizas: máximo 20%.

6.1.3 Recubrimiento Asfáltico en Disolvente.

Debe ser un material asfáltico de alta viscosidad, de consistencia tal que permita su aplicación por medio de llana,

cepillo o equipo de aspersion.

El producto deberá contener materiales asfálticos y rellenos minerales diluidos con solventes volátiles.

Estos productos deberán contener cuando menos 60% de material no volátil cuando se calienten 10 g de muestra en un horno a la temperatura de 105°C durante 24 hrs.

Debe contener un mínimo de 5% de fibras de asbesto. El residuo después de quemar el relleno mineral, debe ser de cuando menos 85%.

El producto, al ser aplicado sobre placas de metal, en posición horizontal, con un consumo de 1 litro por metro cuadrado, se mantendrá en la posición citada durante una hora en un local ventilado y después se suspenderán las placas en posición vertical en un horno a la temperatura de 60°C, durante 5 horas. No debe presentar indicios de ampollamiento y no más de 6 mm de escurrimiento.

El producto, al aplicarse sobre placas de metal, con un consumo de 1 litro por metro cuadrado, se expondrá durante una hora a la temperatura de 0°C. Inmediatamente después se doblará en un mandril de 2.54 cm de diámetro, no debiendo presentar agrietamiento alguno en el producto, ni separación entre metal y el producto.

6.1.4 Recubrimiento Asfáltico en Emulsión.

La emulsión depositada en una o varias capas, deberá formar una carpeta eficaz en contra del paso del agua.

Tipo I. Aquellos que están preparados usando coloides minerales como emulsificante.

Tipo II. Aquellos que están preparados usando agentes químicos como emulsificante.

El material en emulsión debe ser homogéneo sin presentar separación de sus componentes que no puedan reintegrarse con una ligera agitación.

No debe ser inflamable.

La viscosidad del producto debe ser tal que al aplicarse con llana o cepillo en superficies verticales en una cantidad mínima de 1 kg por metro cuadrado, no presente escurrimiento alguno.

Cuando se aplique con equipo de aspersion, deberá obtener una superficie lisa, sin presentar escurrimiento al aplicar un mínimo de 1 kg por metro cuadrado en superficies hasta con un 50% de pendiente.

El fraguado de la emulsión debe obtenerse en un máximo de 24 hrs.

A 100°C no debe presentar arrugas, escurrimiento ni formación de burbujas.

A 0°C no debe presentar agrietamiento ni pérdida de adhesión.

No debe presentar ampollamiento ni reemulsificación en contacto con el agua.

Al aplicársele flama directa no debe escurrir al quemarse.

La emulsión deberá tener la composición que a continuación se indica:

Tabla Nº. 6.1. Especificaciones de las emulsiones asfálticas.

	TIPO I		TIPO II	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Peso,kg/lt	0.98	1.04	1.10	1.14
Sólidos,%	45	55	40	60
Agua,%	45	55	40	60
Cenizas,%	5	20	30	50

6.1.5 Cemento Plástico Bituminoso.

El cemento plástico deberá fabricarse con relleno inorgánico, disolvente y agente aglutinante bituminoso no volátil, para aplicar en frío con espátula, llana o equipo especial.

Deberá producir, no menos del 70% de material no volátil, cuando se calientan 10 g del producto en un horno, a la temperatura de 105 a 110°C durante 24 hrs, de acuerdo al método de prueba ASTM D-1189.

El cemento plástico bituminoso deberá extenderse con

facilidad al aplicarse con una llana sobre una lámina de cartón saturado de asfalto y sobre superficies metálicas, no debiéndose contraer o dilatar.

Al ser aplicado sobre placas de cartón saturado de asfalto o sobre láminas de acero, de acuerdo con los métodos de prueba correspondiente, después de exponerse horizontalmente una hora en un lugar bien ventilado, se suspenderán las placas verticalmente en un horno a la temperatura de 60°C durante 5 hrs, no deberá presentar indicios de ampollamiento y no más de 6 mm de escurrimiento.

Al ser aplicado sobre placas metálicas y dobladas en un mandril de 2.54 cm de diámetro, después de estar durante una hora a 0°C, no deberá presentar agrietamiento alguno, ni separación del cemento plástico y el metal.

6.1.6 Recubrimiento Asfáltico color Aluminio. ASTM D-2824

El recubrimiento bituminoso con acabado color aluminio deberá estar constituido por una base asfáltica, disolventes volátiles derivados del petróleo y un pigmento de aluminio del tipo "leafing", con o sin fibras de asbesto.

Después de una agitación vigorosa y mantenido por 72 hrs en una temperatura de 21 a 25°C con el envase perfectamente cerrado, no deberá presentar separación del solvente o un asentamiento que

no pueda integrarse con un ligero agitado.

El recubrimiento de aluminio deberá tener una consistencia tal que pueda aplicarse con cepillo, brocha, rodillo, o equipo de aspersión para formar una película en la cual el pigmento de aluminio flote para producir una superficie brillante y reflectiva.

Deberá tener una reflectancia luminosa mínima de 50%.

Se clasifican en tres tipos:

Tipo I. Recubrimiento no fibratado.

Tipo II. Recubrimiento fibratado, conteniendo asbesto.

Tipo III. Recubrimiento fibratado, conteniendo fibras diferentes del asbesto.

Los recubrimientos bituminosos con acabado color aluminio deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla Nº. 6.2. Especificaciones de los recubrimientos de aluminio.

	TIPO I	TIPO II y III
Agua, max, %	0.3	0.3
Materia No Volátil, min, %	40	40
Insoluble en CS ₂ , max, % de MNV	40	50
Aluminio metálico, min, %	11	9

6.1.7 Recubrimiento Antirruído para Automóviles.

Los recubrimientos bituminosos antirruído son productos de base asfáltica que amortiguan el ruido, utilizados en partes metálicas de automóviles y camiones. Su aplicación se hace por medio de equipo de aspersión y deben adherirse sobre metales grasosos o sobre primarios asfálticos.

Los recubrimientos antirruído son especificados por la industria automotriz, en donde cada empresa puede tener sus propias normas.

Tabla N^o. 6.3. Especificaciones de los recubrimientos usados como antirruídos, Norma Chrysler MS-HA21.

Viscosidad		
	Inicial	35 a 50 seg
	Después de 72 hrs a 43°C	35 a 50 seg
Material no volátil		80%, mínimo
Gravedad específica		1.44±0.06
Punto de inflamación		32°C, mínimo
Amortiguamiento de ruido a 21°C		15 db/seg, mínimo
	De -18 a 43°C	4 dB/seg, mínimo
Sólidos en volumen		70%, mínimo
Flujo		Menor de 3.2 mm
Resistencia a grandes temperaturas		No debe presentar burbujeo, cuarteamiento, o pérdida de adhesión
Resistencia a la corrosión, 250 hrs.		No debe haber evidencias de corrosión
Resistencia a bajas temperaturas		No debe presentar desprendimiento, o pérdida de adhesión
Intemperismo, 5 ciclos		No debe presentar pérdida de adhesión
(Ciclo: 16 hrs a 107°C, 24 hrs de		
98 a 100% de humedad relativa a		
38°C, y 8 hrs a -29°C)		

6.2 MÉTODOS DE PRUEBA.

En general, los ensayos realizados a los recubrimientos bituminosos están relacionados con los métodos de prueba para los asfaltos.

Algunos métodos ya mencionados y los que a continuación se describen forman parte de un conjunto de pruebas establecidas en su mayoría por las normas ASTM para determinar el cumplimiento de los requerimientos de dichos recubrimientos.

6.2.1 Penetración Cónica. ASTM D-5

La penetración de un material bituminoso semisólido o pastoso es la distancia en décimas de milímetro que se introduce verticalmente un cono de latón de medidas y peso determinados en una muestra contenida en un recipiente de dimensiones establecidas. Esta prueba nos permite determinar la consistencia de los materiales.

6.2.2 Porcentaje de Sólidos. NOM U-22

El contenido de sólidos es una propiedad muy importante en los recubrimientos, ya que conociendo el contenido y manteniéndolo constante, se puede controlar el espesor de la película seca, cualquiera que sea el método de aplicación.

El procedimiento se lleva a cabo cuando 10 g de muestra se

introducen a en un horno con circulación de aire, a 120°C durante 2 horas. El peso final determina el porcentaje de sólidos de la muestra.

6.2.3 Contenido de Agua por Destilación. ASTM D-95

Este método cubre la determinación de agua contenida en productos de petróleo y materiales bituminosos.

El material probado es calentado bajo reflujo, con un disolvente inmiscible con agua, el cual co-destila con el agua de la muestra. Cuando ambos condensan son separados por densidad en la trampa. El agua se asienta en la sección graduada de la trampa, mientras el solvente regresa al matraz.

6.2.4 Flexibilidad. ASTM D-2822, ASTM D-2823, ASTM D-2939

Esta prueba permite observar el comportamiento de los recubrimientos bituminosos a bajas temperaturas. En un panel metálico de dimensiones establecidas, se aplica una muestra con un espesor determinado por el tipo de recubrimiento analizado. La muestra ya seca, se coloca en un baño de agua a 0°C, durante una hora. Inmediatamente después se doblan sobre un mandril de 25.4 mm de diámetro, en un ángulo de 180°. Se debe observar si hay cuarteamiento o fallas de adherencia.

6.2.5 Esgurrimiento. ASTM D-2822, ASTM D-2823, ASTM D-2939

El comportamiento de los recubrimientos bituminosos a temperaturas elevadas es observado en este método. Una muestra del recubrimiento se aplica sobre un panel metálico, con espesor determinado. Se deja secar durante una hora, a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Se colocan en forma vertical en un horno a $60 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 5 horas. Después de este tiempo se retira del horno y se observa si presenta deslizamiento o escurrimiento, también puede presentar ampollamiento.

6.2.6 Pruebas para Emulsiones Asfálticas. ASTM D-244

Este método de prueba cubre cuatro aspectos importantes dentro de los requerimientos de una emulsión asfáltica: composición, consistencia, estabilidad y examen del residuo.

Composición:

Contenido de agua

Residuo por destilación

Residuo por evaporación

Carga de la partícula de las emulsiones asfálticas

Consistencia:

Viscosidad (Saybolt Furol)

Estabilidad:

Deemulsificación

Asentamiento

Mezcla con cemento portland

Retenido en malla

Cubrimiento

Miscibilidad con agua

Congelamiento

Estabilidad al almacenaje

Examen del Residuo:

Gravedad específica (ASTM D-70)

Contenido de cenizas (ASTM D-128)

Penetración (ASTM D-5)

Ductilidad (ASTM D-113)

Prueba de flotamiento (ASTM D-139)

Solubilidad en tricloroetileno (ASTM D-2042)

6.2.7 Resistencia a la Corrosión. Chrysler 463PB-10-01

Se aplica por aspersión una muestra del recubrimiento sobre un panel metálico. Se deja secar durante 30 minutos a temperatura ambiente, y 20 minutos en un horno a una temperatura de 163°C. Se expone el panel a una atmósfera salina durante 250 horas.

Finalmente se remueve el recubrimiento del panel y se observa si hay corrosión en el área protegida.

VII

7. CONCLUSIONES

Cuando se quiere proteger una estructura en contra de los agentes ambientales, no se puede pasar por alto la existencia de los recubrimientos bituminosos, los cuales tienen un buen desempeño, inclusive mejor que otros recubrimientos comúnmente utilizados en algunas aplicaciones.

La industria de los recubrimientos bituminosos ha tenido un crecimiento importante en años recientes, debido sobre todo a la economía de sus productos. Otro factor importante en el desarrollo de esta industria ha sido la calidad de los recubrimientos. Hay que tomar en cuenta que la calidad no solo está determinada por el producto como tal, sino que existen otros puntos que deben ser considerados para un buen funcionamiento del recubrimiento puesto en servicio, tales como una buena selección del material, una adecuada aplicación y un mantenimiento periódico.

En este trabajo se presentó una serie de recubrimientos bituminosos y sus aplicaciones, de tal manera, que pueda servir como base para la selección del recubrimiento más adecuado para las necesidades del interesado.

Por otra parte, las formulaciones y procesos de los recubrimientos bituminosos propuestos en este trabajo solo tienen la intención de dar una idea más clara para el desarrollo de estos recubrimientos

Finalmente, se puede concluir que los recubrimientos bituminosos, tienen un amplio campo de aplicación, y que un mejor conocimiento de sus características y su funcionalidad permitirá tener una mayor confiabilidad en estos productos, incrementar su demanda y alcanzar un lugar importante dentro del ramo de los recubrimientos.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.N. Sachanen

"The Chemical Constituents of Petroleum"

Reinhold Publishing Corp., New York, 1945

2. H. Abraham

"Asphalt and Allied Substances"

6th ed. D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton N.J., 1960

3. W.A. Gruse and D.R. Stevens

"Chemical Technology of Petroleum"

3rd ed. Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York, 1960

4. R.N. Traxler

"Asphalt - Its Composition, Properties and Uses"

Reinhold Publishing Co., New York, 1961

5. Kirk/Othmer

"Encyclopedia of Chemical Technology"

3rd ed. vol. 3, 8 y 20

John Wiley & Sons, Inc., New York, 1978

6. *"Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry"*
5th ed. vol. A3
VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim
Fed. Rep. of Germany, 1985

7. A.J. Hoiberg
"Bituminous Materials: Asphalts, Tars and Pitches"
Interscience Publishers, New York, 1966

8. V.A. Kalichevsky
"Modern Methods of Refining Lubricating Oil"
Reinhold Publishing Co., New York, 1956

9. *"Roofing, Waterproofing and bituminous Materials"*
ASTM Annual Book Of Standars, Vol. 04.04
ASTM, Philadelphia, 1988

10. *"Road and Paving Materials"*
ASTM Annual Book of Standars, Vol. 04.03
ASTM, Philadelphia, 1988

11. M.C. Backer

"Roofs"

Multiscience Publications Ltd., Montreal, Canada, 1980

12. Kennet J. Lissant

"Emulsions and Emulsion Technology"

Parte I, Chapter 8, Asphalt Emulsions

Marcel Dekker Inc., New York, 1974

13. Dean H. Parker

"Enciclopedia de la química industrial;

Tecnología de los recubrimientos de superficies"

Edición traducida por José Ma. Jimenez Moreno

Ediciones URMO, Bilbao, España, 1978

14. W.F. Fair

"Corrosion Handbook: Bituminous Coating"

John Wiley & Sons. Inc., New York, 1948

15. Hughes/Swindells

"Storage and Handling Petroleum Liquids"

3rd. ed. John Wiley & Sons. Inc., New York, 1987

16. *Normas de Calidad de Materiales y Equipos Usados en Obras*

Publicas

*"Materiales para impermeabilización de azoteas y
cimentaciones"*

1ª Ed. Petróleos Mexicanos, México, 1975

17. *Manual Técnico de Fester de México, S.A.*

Fabricante de recubrimientos bituminosos

Thiers N° 248 Col. Anzures, México, D.F.

18. *Manual Técnico de Henry Roofing Products*

Fabricante de recubrimientos bituminosos

2911 Slauson Avenue, Huntington Park, California