

**DESARROLLO DE UN SELLADOR PARA GRIETAS Y FISURAS EN
PAVIMENTOS ASFALTICOS Y JUNTAS DE DILATACION EN CONCRETO**



LEOFAN MARIN SANABRIA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2010

**DESARROLLO DE UN SELLADOR PARA GRIETAS Y FISURAS EN
PAVIMENTOS ASFALTICOS Y JUNTAS DE DILATACION EN CONCRETO**

Proyecto de Grado Presentado Para Optar el Titulo de

Ingeniero Químico

LEOFAN MARIN SANABRIA

DIRECTOR:

Ing. Químico LUIS MARIANO IDARRAGA

TUTOR:

Ing. Químico ARIEL ENRIQUE BARRERA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

BUCARAMANGA

2010

AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy especialmente a la empresa Manufacturas de Procesos Industriales MPI LTDA por permitirme realizar esta práctica industrial, porque fue mi puerta de entrada a la industria y al mundo laboral y por los conocimientos y experiencias adquiridos para mi vida profesional.

Al ingeniero Ariel Enrique Barrera Barrera por su apoyo, su guía y colaboración, los cuales fueron vitales para la culminación con éxito de este proyecto.

A todo el personal técnico del laboratorio de calidad de MPI LTDA que de forma directa o indirecta aportaron con su conocimiento y colaboración.

A mi alma mater la Universidad Industrial de Santander y a mi gloriosa escuela de Ingeniería Química, de la cual siempre viviré orgulloso porque allí di mis primeros pasos hacia el conocimiento y porque en cada uno de sus espacios crecí de manera personal e intelectual.

A todos y cada uno de mis profesores por los conocimientos transmitidos tanto en el campo de la academia como en el plano personal.

A mis compañeros y amigos con los que compartí, que además de recuerdos dejan en mi enseñanzas para mi vivir.

**DIOS PORQUE ES LA ENERGIA MAS PODEROSA QUE MUEVE A LA
HUMANIDAD Y POR SER SIEMPRE MI GUIA EN EL CAMINO.**

**A MIS PADRES; MI MADRE, PORQUE A PESAR DE LOS OBSTACULOS SIEMPRE
CREYO EN MI Y EN MI SUEÑO Y PORQUE ES PARTE DE LA MATERIALIZACION
DE ESTE, A MI PAPA QUE AUNQUE YA NO SE ENCUENTRA CONMIGO EN EL
PLANO MATERIAL SIEMPRE ESTARA A MI LADO Y DESDE EL CIELO SERA LA
LUZ QUE GUIARA MI SENDERO.**

**A XIOMARA PORQUE ME IMPULSO EN LOS MOMENTOS DIFICILES
ALIMENTANDO MIS GANAS DE SEGUIR SOÑANDO Y LUCHANDO, ADEMAS
POR COMPARTIR SU SONRISA Y CONTAGIARME SU TERNURA.**

**A TODAS LAS PERSONAS CON LAS QUE COMPARTI A LO LARGO DE MI
CARRERA.**

PORQUE LOS SUEÑOS SI SE HACEN REALIDAD.

LEOFAN

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 DEFINICION	1
1.2 CLASES DE PAVIMENTOS	1
1.2.1 Flexibles	1
1.2.2 Articulados	1
1.2.3 Rígidos	2
1.3 FUNCIONES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	2
1.4 DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	3
1.4.1 Fisuras	3
1.4.1.1 Fisuras Longitudinales	4
1.4.1.2 Fisuras Transversales	5
1.4.1.3 Fisuras por Reflexión de Juntas	6
1.4.1.4 Fisuras de Borde	6
1.4.1.5 Fisuras de Esquina	7
2. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO	8

2.1 CAPACITACION SOBRE ASFALTOS Y EMULSIONES	
ASFALTICAS	10
2.2 REVISION Y ACTUALIZACION DE LA INFORMACION	
EXISTENTE	10
2.3 ADQUISICION DE EQUIPOS Y MATERIALES	10
2.3.1 Materiales y Reactivos Utilizados	10
2.3.2 Equipos Empleados	11
2.4 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES USADOS	11
2.4.1 Caracterización del Asfalto	11
2.4.2 Caracterización del Caucho Reciclado de Llantas	12
2.4.3 Caracterización del compatibilizante	13
2.4.4 Caracterización del polímero	13
2.4.5 Caracterización del filler	14
2.5 DISEÑO Y ADAPTACION DEL SISTEMA DE MEZCLADO	14
3. REALIZACION DE LAS MEZCLAS	15
3.1 VARIABLES A CONSIDERAR EN LA REALIZACION DE	
LAS MEZCLAS	15
3.2 PROCEDIMIENTO SECUENCIAL PARA LA REALIZACION	
DE LAS MEZCLAS	16

4. INFLUENCIA DEL GRANO DE CAUCHO EN EL ASFALTO	18
4.1 MEZCLA DE ASFALTO CON GRANO DE CAUCHO DE DE LLANTAS RECICLADAS	18
4.2 INFLUENCIA DEL POLIMERO EN EL ASFALTO	21
4.3 ELABORACION DE MEZCLAS A PARTIR DE LA FORMULACION BASE	22
5. RESULTADOS	24
5.1 REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL SELLADOR	25
5.2 REALIZACION DE PRUEBA INDUSTRIAL	26
6. CONCLUSIONES	29
7. RECOMENDACIONES	30
8. BIBLIOGRAFIA	31
9. ANEXOS	33

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Distribución de cargas en el pavimento flexible	4
Figura 2	Fisura longitudinal	5
Figura 3	Fisura transversal	6
Figura 4	Fisura por reflexión de juntas	7
Figura 5	Fisura de borde	7
Figura 6	Fisura de esquina	8
Figura 7	Diagrama de la metodología a seguir	10
Figura 8	Diagrama detallado y secuencial utilizado en el laboratorio Para la preparación del sellador asfáltico	18
Figura 9	Grafica variación punto de ablandamiento Vs él % de de grano de caucho	20
Figura 10	Grafica de variación de la penetración Vs él % de grano de caucho	20
Figura 11	Grafica de la variación de la viscosidad Vs él % de grano de Caucho	21
Figura 12	Muestra de grano de caucho reciclado tamiz # 20	21

Figura 13	Muestra de grano de caucho reciclado tamiz # 30	21
Figura 14	Grafica de variación punto de ablandamiento Vs el Porcentaje de SBS	22
Figura 15	Grafica variación de la viscosidad Vs el porcentaje De SBS	22
Figura 16	Grafica de variación de la resiliencia Vs el porcentaje De SBS	23
Figura 17	Grafica de la variación de la penetración vs el porcentaje De SBS	23

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Caracterización asfalto base	13
Tabla 2	Granulometría de las dos muestras de grano de caucho	14
Tabla 3	Formulación base inicial	16
Tabla 4	Variables a controlar en el proceso	17
Tabla 5	Formulaciones finales	25
Tabla 6	Resultados ensayos Formulaciones finales	26
Tabla 7	Requerimientos técnicos del sellador	27
Tabla 8	Resultados prueba industrial	28
Tabla 9	Resultados ensayos a la muestra después de envasada	29
Tabla 10	Caracterización de una muestra de sellador marca CRAFCO	
	Comercializado a nivel internacional	34

GLOSARIO

ADHESION: estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales.

ADITIVO: es todo aquel producto que se adiciona a un material asfáltico o emulsión, con el objeto de proporcionarle alguna otra propiedad que no tiene originalmente, cambiando de esta forma, su comportamiento durante su aplicación.

AHUELLAMIENTO: Es una deformación longitudinal continua a lo largo de las huellas de canalización del tránsito de longitud mínima 6.0 metros

ASTM: American Society for Testing and Materials (sociedad americana para pruebas y materiales)

CONSISTENCIA: Describe el grado de fluidez o plasticidad de un cemento asfáltico a determinada temperatura.

DEFORMACION: La deformación de un pavimento es cualquier cambio que presente el pavimento con respecto a su forma original.

DISPERSION: Indica que el asfalto se encuentra disperso en un medio acuoso especial. Esto se logra por medio de aparatos especiales, tales como molinos coloidales.

DUCTILIDAD: Mide el alargamiento que presenta el asfalto sin romperse.

DURABILIDAD: La propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación que describe su habilidad para resistir la desintegración por efectos ambientales o de tráfico. Los efectos ambientales incluyen cambios en las características del asfalto, tales como oxidación, volatilización, cambios en el pavimento y en el agregado debido a la acción del agua, incluyendo congelamiento y deshielo.

FILLER: Son sustancias finamente divididas las cuales son insolubles en asfalto pero que pueden ser dispersadas en el, como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia. Típicos fillers minerales: cal, cemento,

polvo de tiza, talco, sílice, etc. El efecto general de la adición de fillers es endurecer el asfalto.

FISURA: Consiste en una fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 mm.

FLEXIBILIDAD: La habilidad de un pavimento asfáltico para ajustarse a asentamientos en la fundación. Generalmente, un alto contenido de asfalto mejora la flexibilidad de una mezcla.

GRIETAS: Roturas en la superficie de un pavimento asfáltico.

IMPERMEABILIDAD: La capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso del aire y agua dentro o a través del mismo.

REOLOGIA: Estudio de las propiedades de flujo en todas sus formas de los ligantes asfálticos y sus componentes.

RODADURA: Es la capa constituida por los últimos centímetros del pavimento, debe de resistir las presiones verticales de contacto aplicadas por los neumáticos.

SUBRASANTE: Capa de fundación de la estructura del pavimento; resiste esfuerzos Normales sin grandes deformaciones.

VISCOSIDAD: Puede definirse como trabajabilidad que tiene un producto a una temperatura establecida.

RESUMEN

TITULO: DESARROLLO DE UN SELLADOR PARA GRIETAS Y FISURAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS Y JUNTAS DE DILATACION.*

AUTOR: LEOFAN MARIN SANABRIA. **

PALABRAS CLAVE: Pavimento asfáltico, selladores para pavimentos, ensayos de calidad selladores.

DESCRIPCION.

El presente trabajo es la metodología utilizada para la elaboración de un sellador para el tratamiento de las grietas y fisuras en los pavimentos a base de grano de caucho de llantas recicladas. El sellado de juntas, fisuras y grietas es un procedimiento muy utilizado en el mantenimiento preventivo de pavimentos asfálticos. Como resultado de esta técnica se puede reducir el deterioro, restringiendo la penetración del agua superficial a las capas subyacentes de la base y de la sub-base, y aumentar la vida útil de la estructura en periodos comprendidos entre dos y cuatro años.

Los productos utilizados en nuestro país para aplicar esta técnica de mantenimiento vial generalmente son originados en el exterior. Esta realidad ha incentivado a la empresa MPI LTDA a incursionar en el desarrollo y producción de selladores asfálticos para el mercado nacional e internacional, de similares características.

Los resultados obtenidos evidenciaron que es posible desarrollar en nuestro país con la tecnología existente, un sellador asfáltico tipo II que cumpla con las características y las normas vigentes tanto del instituto nacional de vías (INVIAS) como de las normas ASTM, aprovechando materiales reciclados como el caucho de las llantas. Contribuyendo con la preservación del medio ambiente.

* Tesis de grado modalidad practica empresarial

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Director: Ing. Químico Luis Mariano Idarraga, Tutor: Ing. Ariel Barrera Barrera

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF A SEALER FOR CRACKS AND FISSURES IN ASPHALT PAVEMENTS AND MEETINGS EXPANSIONS.*

AUTHORS: LEOFAN MARIN SANABRIA. **

KEY WORDS: Asphalt pavement, sealers for pavements, sealer tests (essays) of quality, characterization asphalt.

DESCRIPTION:

The sealed one of meetings, fissures and cracks is a procedure very used in the preventive maintenance of asphalt pavements. Since result of this technology(skill) can diminish the deterioration, restricting the penetration of the superficial water to the underlying caps of the base and of the sub-base, and to increase the useful life of the structure in periods understood(included) between two and four years.

The products used in our country to apply this technology (skill) of road maintenance generally are originated in the exterior, the reality that we have to confront, of public knowledge, it (he, she) has stimulated to the company MPI LTDA to penetrate into the development and production of asphalt sealers for the domestic and international market, of similar characteristics.

The obtained results demonstrated that it is possible to develop in our country with the existing technology, a sealer asphalt type the Lind that fulfills with the characteristics and the in force procedure so much of the national institute of routes as of the procedure.

* Thesis of degree modality practices managerial.

** Physical-Chemistry Engineering Faculty, Chemical School, Director: Ing. Luis Mariano Idarraga
Tutor: Ing. Ariel Barrera Barrera

INTRODUCCION

El sellado de grietas es una de las mayores prácticas usadas para impedir el deterioro de los pavimentos para evitar la penetración de agua a la estructura subyacente del pavimento. Un sellador de grietas, correctamente aplicado, impide una degradación mayor y prolonga la vida del pavimento. Entre los diferentes materiales usados para el sellado y el rellenado de grietas, los selladores asfálticos son de los materiales más comunes

El sellado de juntas, fisuras y grietas es un procedimiento muy utilizado en el mantenimiento preventivo de pavimentos asfálticos. Como resultado de esta técnica se puede reducir el deterioro, restringiendo la penetración del agua superficial a las capas subyacentes de la base y de la sub-base, y aumentar la vida útil de la estructura en periodos comprendidos entre dos y cuatro años.

Los productos utilizados en nuestro país para aplicar esta técnica de mantenimiento vial generalmente son originados en el exterior. Esta realidad ha incentivado a la empresa Manufacturas de Procesos Industriales **MPI LTDA** a incursionar en el desarrollo y producción de selladores asfálticos para el mercado nacional e internacional, de similares características.

El sellador de grietas correctamente aplicado, impide una degradación mayor y prolonga la vida del pavimento. Los selladores de grietas de asfalto se aplican en caliente o en frío, el trabajo planteado a continuación es centrado a un sellador asfáltico de aplicación en caliente.

La importancia de este trabajo tiene que ver con la incorporación de materiales de desecho no biodegradables (grano de caucho de llantas recicladas), que generan un alto grado de contaminación ambiental, en materiales asfálticos para la infraestructura vial, así como la reducción de los costos en el mantenimiento de carpeta asfáltica.

1. MARCO TEORICO

1.1 DEFINICION

Los pavimentos son estructuras construidas por capas de diversos materiales seleccionados, superpuestas, colocadas y compactadas sobre la superficie del terreno.

La estructura de un pavimento está concebida especialmente por la circulación del tráfico automotor, por lo que es una solución económica y eficaz.

El desarrollo del automóvil a principios de siglo produjo una rápida evolución de las carreteras a nivel mundial. En Colombia la construcción de carreteras se inicio prácticamente a hacia 1930 y la pavimentación de vías hacia 1945.

1.2 CLASES DE PAVIMENTOS

Hay tres clases de pavimentos, dependiendo del material de construcción y de la forma como reciben y controlan las cargas de los vehículos:

1.2.1 FLEXIBLES

Son los construidos con capas de mezcla asfáltica. La superficie se apoya sobre una o más capas que ayudan a soportar las cargas. Proporcionan una superficie de rodadura muy confortable para el usuario de la vía.

1.2.2 ARTICULADOS

Construidos con adoquines (bloques de concreto o arcilla prefabricados), que se colocan sobre una capa de arena. Esta se apoya sobre una capa granular o directamente sobre la subrasante.

1.2.3 RIGIDOS

Se componen de losas de concreto hidráulico colocadas sobre una o varias capas del material seleccionado. La capacidad estructural depende casi totalmente de la losa.

1.3 FUNCIONES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito. Entre las características principales que debe de cumplir un pavimento flexible se encuentran:

- Resistencia estructural
- Deformabilidad
- Durabilidad
- Costo
- Requerimientos de inversión
- Comodidad

El pavimento flexible o asfáltico cumple con dos funciones específicas: La de proporcionar una superficie segura y de comodidad para el usuario. Las capas de la estructura deben soportar la mayor parte de las cargas de los vehículos y el resto lo trasladan al terreno o subrasante.

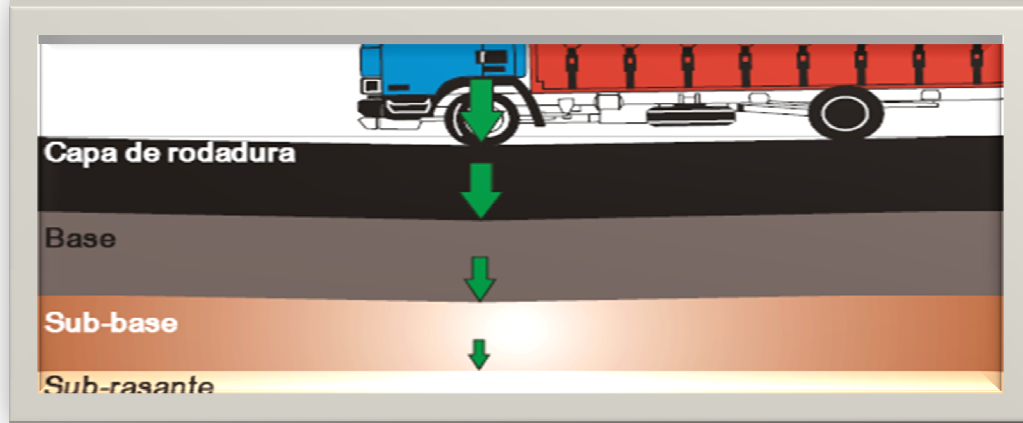


Figura 1. Distribución de cargas en el pavimento flexible

1.4 DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos asfálticos o flexibles presentan una serie de fallas cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de mantenimiento. Dentro de los diferentes daños que pueden llegar a ser objeto los pavimentos, se encuentra el agrietamiento que sufre la capa asfáltica, el cual se debe al envejecimiento acelerado de la “piel” de la superficie de esta, producida por los cambios de temperatura propios de los países tropicales, como Colombia.

1.4.1 FISURAS

La formación de fisuras en los pavimentos es algo inevitable durante la prestación que brinda el mismo. Las fisuras de tipo superficial, fácilmente distinguibles en cualquier operatoria de evaluación, se constituyen en la primera manifestación del agotamiento de parte de la sección resistente.

Esta situación, generada en principio en forma superficial, puede ir avanzando, provocando la reducción de la sección resistente y ampliando los tipos de deterioro en superficie. No es de extrañar que a la aparición de una fisura le sucedan desprendimientos, ahuellamientos, deformaciones y hasta baches. Todo

ello evidencia que neutralizar el efecto de las fisuras es una tarea que debe integrar todo sistema de mantenimiento.

El mecanismo por el cual pueden aparecer las fisuras son:

- Agotamiento por fatiga.
- Envejecimiento del material (ligante asfáltico).
- Deformación plástica.

La relación carga-temperatura (magnitud-permanencia) acrecienta los riesgos de fisuración.

1.4.1.1 FISURAS LONGITUDINALES

Descripción: Es la fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de fisura es indicativa de la causa más probable.

Causas: las principales causas pueden ser la acción del tránsito, la fatiga del pavimento o un confinamiento lateral deficiente o una contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, particularmente ante gradientes térmicos importantes.

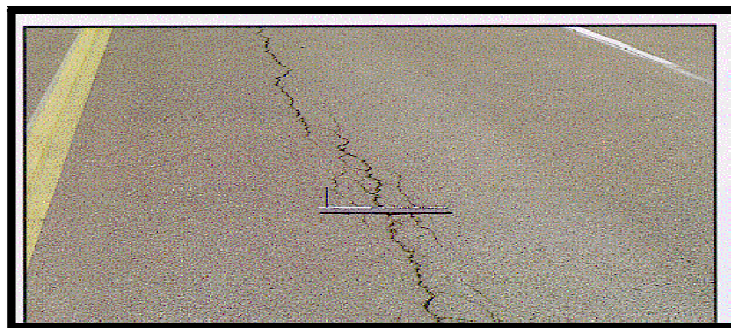


Figura 2. Fisura longitudinal, a lo largo de la huella de tránsito

1.4.1.2 FISURAS TRANSVERSALES

Descripción: consiste en una fracturación de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0.60 m próximos al borde del pavimento.

Causas: las posibles causas incluyen, contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler, al envejecimiento asfáltico o a la reflexión de grietas en la capa subyacente.



Figura 3. Fisura transversal, atraviesa toda la sección de la carretera

1.4.1.3 FISURAS POR REFLEXION DE JUNTAS

Descripción: se presenta solo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.

Causas: son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad.



Figura 4. Fisura por reflexión de juntas

1.4.1.4 FISURAS DE BORDE

Descripción: es un fisuramiento paralelo al borde exterior del pavimento. Generalmente dentro de los 300 a 600 mm la falla es acelerada por el tránsito.

Causas: se puede presentar por un drenaje inadecuado, por falta de compactación y confinamiento en el borde del pavimento o por falta de soporte lateral de berma.



Figura 5. Fisura de borde

1.4.1.5 FISURAS DE ESQUINA

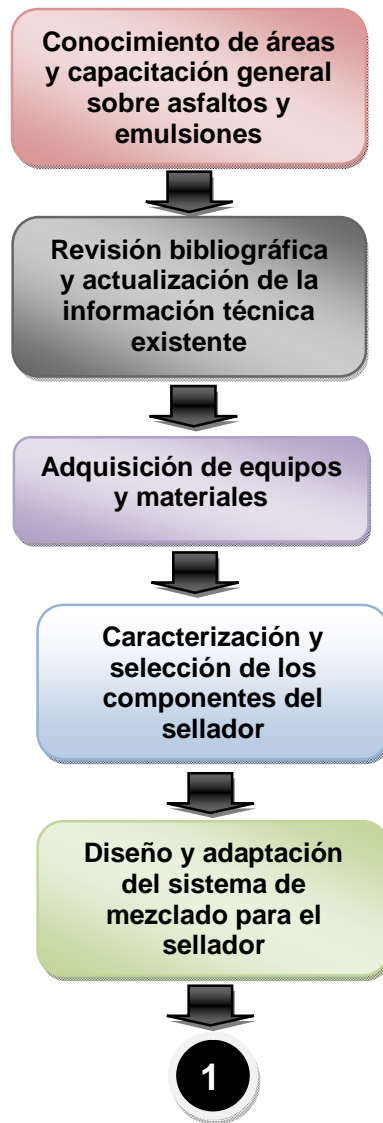
Descripción: consiste en una serie de fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar de tamaño de unos 30 cm *30 cm a unos 3 cm * 3 cm.

Causas: se pueden presentar por una contracción del concreto asfáltico, por ciclos diarios de temperatura o por ausencia de tráfico.



Figura 6. Fisura de esquina

2. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO



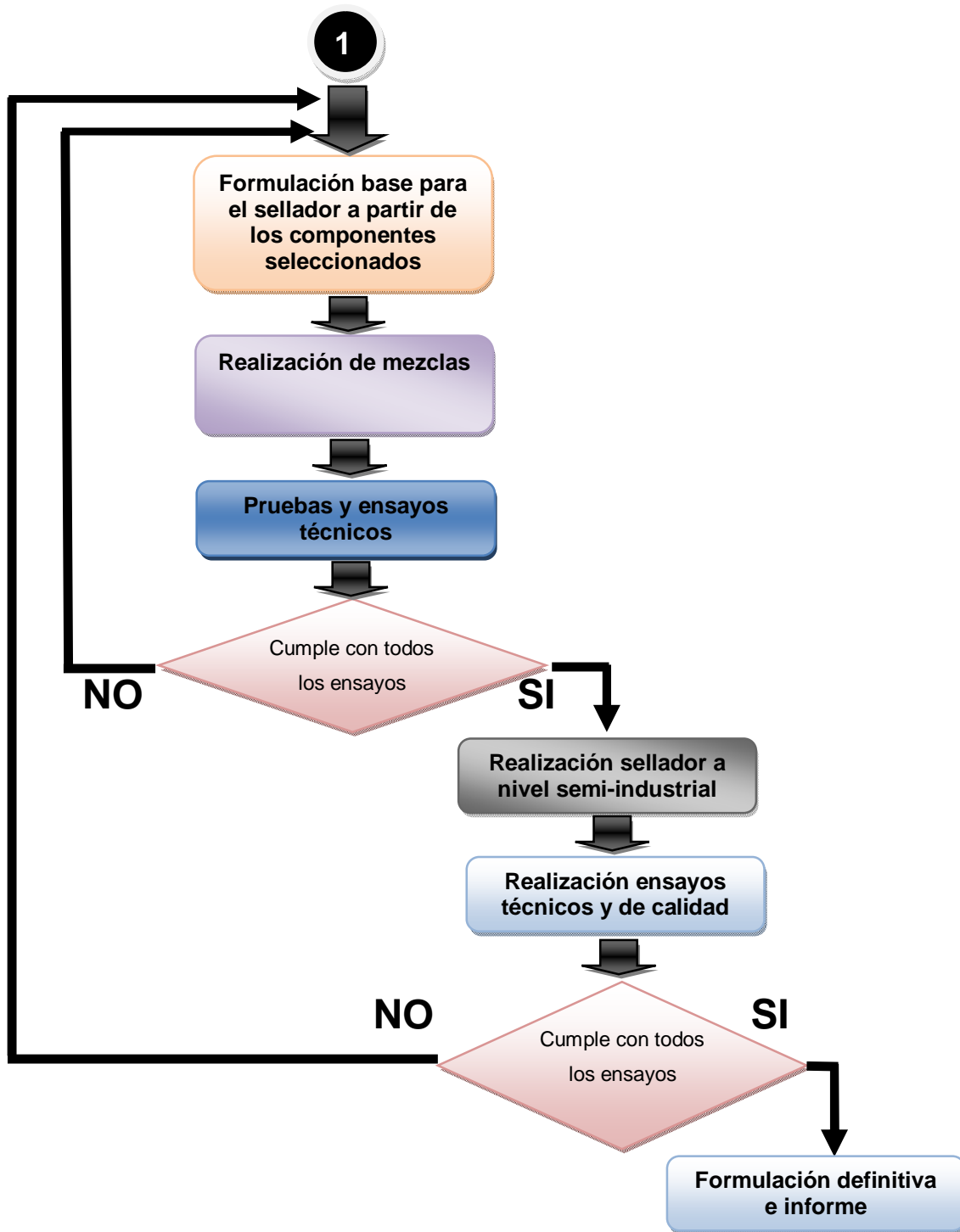


Figura 7. Diagrama detallado de la metodología a usar en el proceso.

2.1 RECONOCIMIENTO DE LAS AREAS Y CAPACITACION SOBRE ASFALTOS Y EMULSIONES ASFALTICAS

Este objetivo se desarrolló utilizando las fuentes bibliográficas de la empresa, diferentes documentos encontrados, manuales de operación del laboratorio y visitas de reconocimiento. La bibliografía utilizada se referencia al final del trabajo.

2.2 REVISION Y ACTUALIZACION DE LA INFORMACION TECNICA EXISTENTE EN EL MERCADO SOBRE SELLADORES ASFALTICOS

Se hizo la revisión de la información existente a nivel mundial sobre selladores asfálticos. Esta actualización se hizo con el fin de renovar el material existente en archivo sobre el tema. Hay que referenciar que dicha información existente en este campo es muy escasa y restringida.

Se encontró en el archivo del laboratorio de calidad un informe de la caracterización realizada de un sellador, a partir de este y junto a la caracterización del sellador adquirido, es que se basara la formulación base.

2.3 ADQUISICION DE EQUIPOS Y MATERIALES

Se determinó según la planeación los materiales y equipos que se necesitaran empezando y durante todo el desarrollo del producto, los cuales ya se tenían la mayoría en el laboratorio de calidad de asfaltos, además se gestionó para la adquisición de los que se necesitaran para la fase final.

2.3.1 MATERIALES Y REACTIVOS USADOS

- ⊗ Recipiente de acero para modificación
- ⊗ Compatibilizante (base naftenica media)
- ⊗ Termómetro de 300°C
- ⊗ Asfalto base del complejo industrial de Barrancabermeja

- ⊗ Caucho reciclado de llanta (CRLL) de diferentes tamaños de grano
- ⊗ Bentonita
- ⊗ CaO (cal común)
- ⊗ Polímero tipo SBS (Stireno-Butadieno-Stireno)

2.3.2 EQUIPOS EMPLEADOS

- ⊗ Horno de calentamiento (Cole Parmer)
- ⊗ Balanza electrónica analítica de 0,001 g de precisión (cohaus)
- ⊗ Penetrómetro (cole Parmer)
- ⊗ Equipo de punto de ablandamiento (anillo y bola)
- ⊗ Ductilómetro
- ⊗ Equipo de punto de chispa (copa abierta Cleveland)
- ⊗ Viscosímetro-Reómetro (Brookfield DV II+I)
- ⊗ Equipo para tamizado (Taylor)
- ⊗ Agitador (MLW MR 25)
- ⊗ Equipo para estabilidad al almacenamiento
- ⊗ Equipo para recuperación elástica por torsión
- ⊗ Balanza termogravimétrica (TGA)

2.4 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

En Colombia los materiales utilizados en la elaboración de selladores para pavimentos asfálticos deben de cumplir con las normas establecidas por los organismos reguladores tales como: Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y/o la American Society for Testing and Materials (ASTM)

2.4.1 CARACTERIZACION DEL ASFALTO. El cemento asfáltico que se emplea es proveniente de la refinería de ECOPETROL Barrancabermeja y hace parte al que MPI LTDA comercializa y emplea en la elaboración de los diferentes productos que allí se generan.

Se le realizaron las siguientes pruebas teniendo en cuenta la importancia para el desarrollo del producto.

Tabla 1. Caracterización asfalto base

Asfalto 80/100 Ecopetrol	Penetración (mm/10)	Ablandamiento °C	Viscosidad brookfield P
	95	46	1002

2.4.2 CARACTERIZACION DEL CAUCHO RECICLADO DE LLANTAS

El grano de caucho adquirido para el desarrollo del producto se adquirió a la empresa MUNDO LIMPIO S.A. Este grano de caucho es proveniente de las llantas recicladas, las cuales mediante tratamiento industrial se les extrae el caucho y luego a este se le realiza un proceso de molienda.

El grano de caucho con el que se contaba, no se tenía información acerca de la granulometría de las 2 muestras adquiridas. Este procedimiento se realizó siguiendo la Norma Técnica Colombiana NTC 77, método para el análisis por tamizado de los agregados gruesos y finos, el porcentaje de retenidos se calculo mediante la formula

$$\% \text{ de retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Y el porcentaje que pasa de muestra se calculo mediante:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

Finalmente se determino los resultados para las dos muestras:

Tabla 2. Granulometría de las muestras de grano de caucho

Malla N°	Peso retenido parcial (g)		Retenido parcial (g)		% retenido acumulado		% que pasa la malla		
	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 1	Muestra # 2	Muestra # 1	Muestra # 2	
16	0,3	0,06	0,06	99,94	100	
30	0,8	202,9	0,17	57,8	0,23	57,8	99,77	42,2	
80	415,7	143,9	90,36	40,99	90,59	98,79	9,41	1,21	
200	40,3	3,9	8,76	1,11	99,35	99,9	0,65	0,1	
Pasa # 200	2,9	0,3	0,65	0,085	100	100	0	0	
Peso inicial muestra # 1 = 227,6 g					Peso inicial muestra # 2 = 256,4 g				

Al efectuar las curvas granulométricas se constato que:

Tamaño de partícula muestra # 1 es de 0,590 mm y el de la muestra # 2 es de 1,190 mm.

2.4.3 CARACTERIZACION DEL COMPATIBILIZANTE. Las propiedades del compatibilizante empleado para el desarrollo del sellador fueron suministradas por el respectivo productor.

2.4.4 CARACTERIZACION DEL POLIMERO. El polímero seleccionado, dentro de la gran variedad de compatibles con el asfalto, fue el del tipo SBS (Stireno-Butadieno-Stireno). El criterio que se tuvo en cuenta para la selección fue la experiencia que se poseía con anterioridad en el laboratorio de calidad de asfaltos con respecto a asfaltos modificados con polímero.

2.4.5 CARACTERIZACION DEL FILLER. El filler mineral es utilizado como espesante, formando parte del cuerpo de la mezcla asfáltica. Reduce el endurecimiento por envejecimiento y la fragilidad. También es útil para mejorar la cohesión de los materiales inertes secundarios.

Existen dos tipos de fillers a tener en cuenta en la realización de este producto, uno será la cal y el otro será la bentonita, por costo se tomará la cal además que esta suma los efectos químicos que reducen la probabilidad de separación y el envejecimiento, causado por el endurecimiento producto de la oxidación sufrida.

2.5 DISEÑO Y ADAPTACION DEL SISTEMA DE MEZCLADO PARA DESARROLLO DEL MEZCLADOR.

En la preparación del sellador la etapa de mezclado junto con la temperatura son las variables clave para obtener resultados satisfactorios. Para la realización de este trabajo se hizo la adaptación de un sistema provisto de un taladro percutor, el cual proporcionaba una velocidad constante de 1500 a 2200 revoluciones por minuto (RPM), con un agitador tipo helicoidal, este dispositivo se utilizó para todas las mezclas realizadas.

3. REALIZACION DE LAS MEZCLAS

A partir de la caracterización realizada se determinó una formulación base, la cual presenta una posible composición detallada de la siguiente forma:

Tabla 3. Formulación base inicial

COMPONENTE	% PESO
Asfalto	54,48
Ripio	15,99
Llenante	29,53

La caracterización, arrojó como resultado que el llenante consiste en CaO (cal)

Se analizarán los tiempos totales de adición de los distintos componentes, así como las temperaturas de mezclado.

3.1 VARIABLES A CONSIDERAR EN LA REALIZACIÓN DE LAS MEZCLAS.

En este paso se procedió a seleccionar las variables significativas que intervienen en el proceso de elaboración, para esto se tuvo en cuenta su grado de influencia y a la capacidad de manipulación, optando en conclusión por las siguientes:

- Temperatura de mezclado para polímero
- Temperatura de mezclado para grano de caucho
- Tiempo de mezclado
- Tamaño de partícula del grano de caucho reciclado de llantas
- Contenido (% en peso) de cada componente
- Velocidad de mezclado
- Temperatura de adición del filler

Basados en la revisión del material bibliográfico, en la experiencia sobre asfaltos modificados que se tiene en el laboratorio de calidad de la empresa y en estudios

relacionados acerca del tema, se tomaron en cuenta los rangos de trabajo de las diferentes variables del proceso, como se ilustra en la tabla numero 5.

Tabla 4. Variables control del proceso

VARIABLE	INTERVALO (°C)		TIEMPO DE MEZCLADO (minutos)
	Mínimo	Máximo	
Temperatura mezclado polímero	180	185	30
Temperatura de mezclado grano de caucho	185	190	60
Temperatura de mezclado filler	190	195	60
Temperatura de adición del compatibilizante	150	160	30
Tamaño partícula de grano de caucho	Tamiz N° 30 y 16		No Aplica

3.2 PROCEDIMIENTO SECUENCIAL PARA LA REALIZACION DE LAS MEZCLAS

En la fase de realización de las mezclas y hasta el momento de encontrar la formulación ideal se siguieron una serie de pasos secuenciales, a la hora de realizar el mezclado de los componentes, teniendo en cuenta los intervalos de temperatura ya mencionados anteriormente se estableció un orden de adición el cual quedo de la siguiente manera:

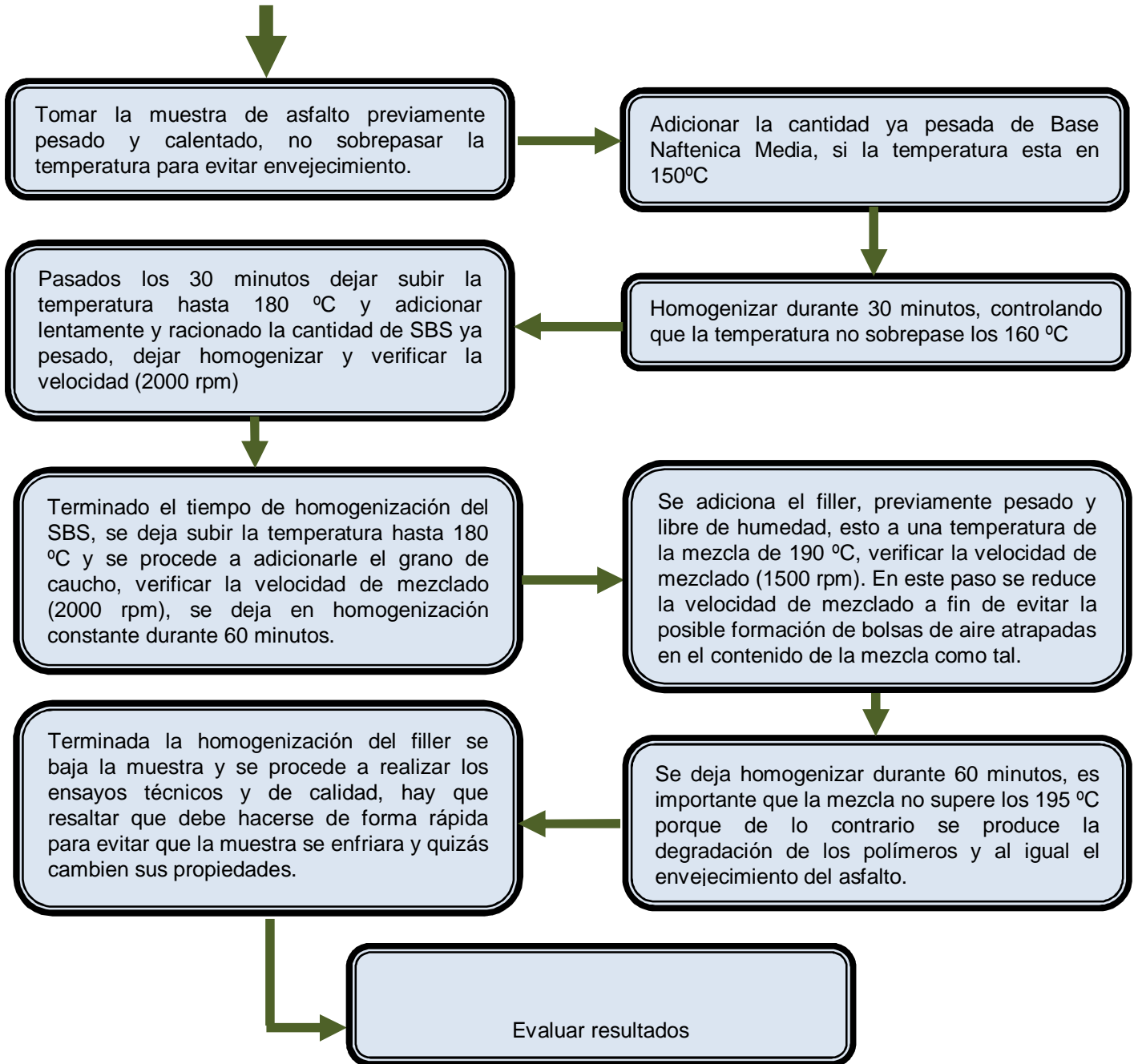


Figura 8. Diagrama detallado y en forma secuencial del proceso utilizado en el laboratorio para la preparación del sellador asfaltico.

4. INFLUENCIA DEL GRANO DE CAUCHO EN EL ASFALTO

En esta etapa del sellador lo que se hizo fue determinar la influencia y la variación que hace cada uno de los componentes en la mezcla, para tal fin se tomo cada uno de los componentes de forma individual junto con el asfalto y se estableció el cambio en sus propiedades, tales como: punto de ablandamiento, penetración y viscosidad, se tomaron solo estas porque son las más representativas y las que primero se tendrán en cuenta para evaluar técnicamente al sellador en su estado final.

4.1 MEZCLA DE ASFALTO + GRANO DE CAUCHO DE LLANTAS RECICLADAS.

Se determinó en esta parte como varia las propiedades del asfalto al incorporarle el grano de caucho, así como también mirar que tan afines son los dos en su composición fisicoquímica final. Aquí es de resaltar que además de lo anterior se pretende es observar si la incorporación del caucho en la estructura molecular del asfalto es favorable, se tomaron porcentajes de grano de caucho del 1, del 4, del 9 y del 12 % tanto de la muestra del tamiz N° 20 como de la del N° 30 y se hizo el procedimiento tal cual se cito anteriormente.

Lo siguiente fue examinar sus propiedades de punto de ablandamiento, penetración y de viscosidad, lo cual dio como resultados gráficos los siguientes aspectos:

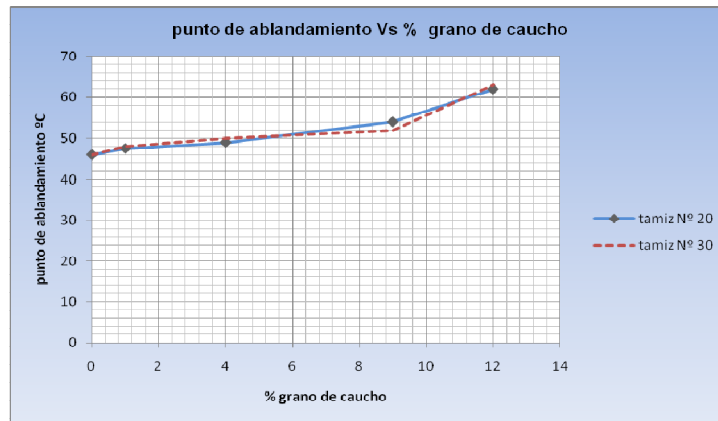


Figura 9. Grafica de variación del punto de ablandamiento en relación con el % de grano de caucho agregado

En la gráfica se observa la variación del punto de ablandamiento en función de los diferentes porcentajes de grano de caucho para ambas muestras (tamiz N° 20 y N° 30), la variación en el comportamiento del punto de ablandamiento no es significativa.

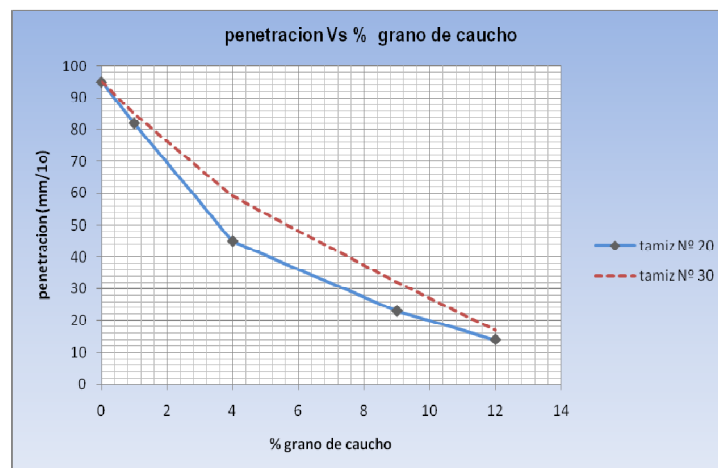


Figura 10. Grafica de variación de la penetración en relación con el % de grano de caucho agregado

En la gráfica de la figura 9 se determinó que la variación de la penetración con respecto a las dos muestras presentó una variación siendo más favorable la muestra correspondiente a la del tamiz N° 30, porque fue la que menos dureza adoptó al incorporar el grano de caucho.

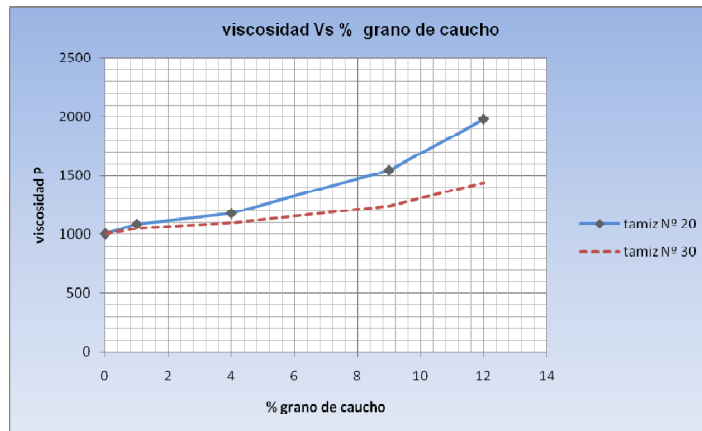


Figura 11. Grafica de la variación de la viscosidad en relación al % de grano de caucho agregado

Finalmente en la gráfica de la figura 10, donde se registraron los resultados de la viscosidad, fue la que mas variación representativa marco, esto debido quizás a que en la muestra del tamiz N° 20 no hubo una alta incorporación molecular, por lo que su viscosidad se vio afectada en una forma más alta que la de la muestra del tamiz N° 30.

Con el análisis anterior se optó por escoger la muestra de grano de caucho correspondiente al tamiz N° 30, además de lo planteado anteriormente se contaba con la experiencia de trabajos anteriores con esta muestra, la cual había dado resultados satisfactorios.



**Figura 12. Muestra de grano de caucho
Correspondiente al tamiz N° 20**



**Figura 13. Muestra de grano de caucho
Correspondiente al tamiz N° 30**

4.2 INFLUENCIA DEL POLIMERO TIPO SBS EN EL ASFALTO

Se realizó la adición del polímero a la muestra de asfalto en diferentes porcentajes, luego se evaluaron sus propiedades tales como: penetración, punto de ablandamiento, resiliencia, y viscosidad.

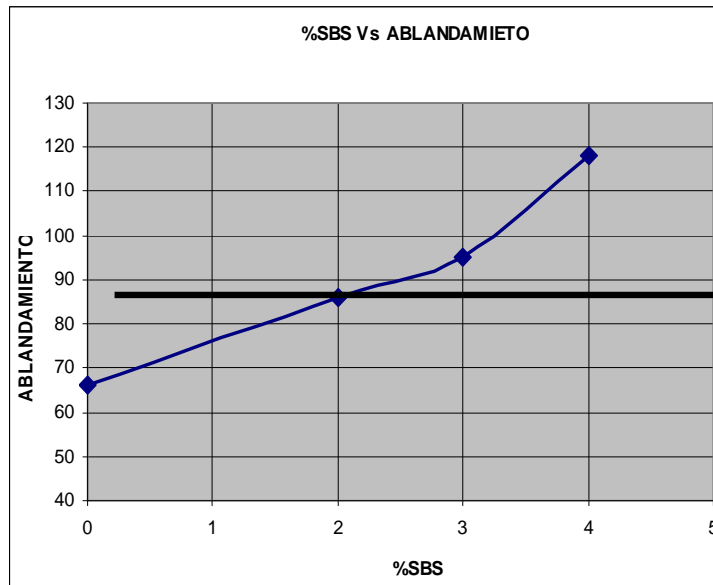


Figura 14. Grafica de variación del punto de ablandamiento en función del % de SBS

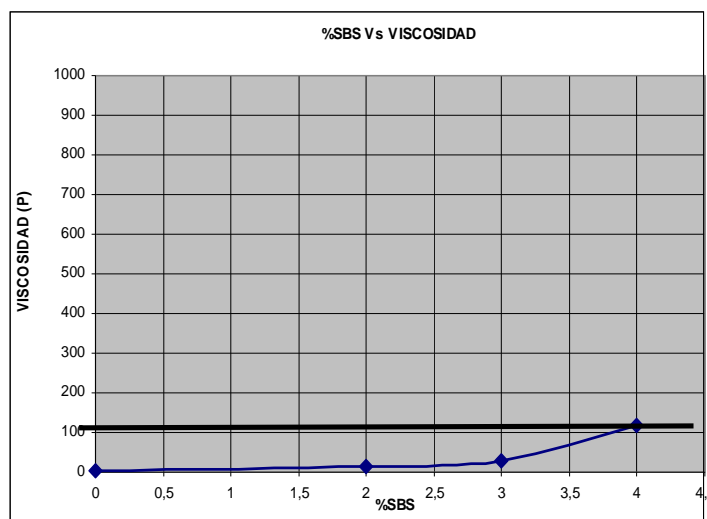


Figura 15. Grafica de la variación de la viscosidad en función del % de SBS

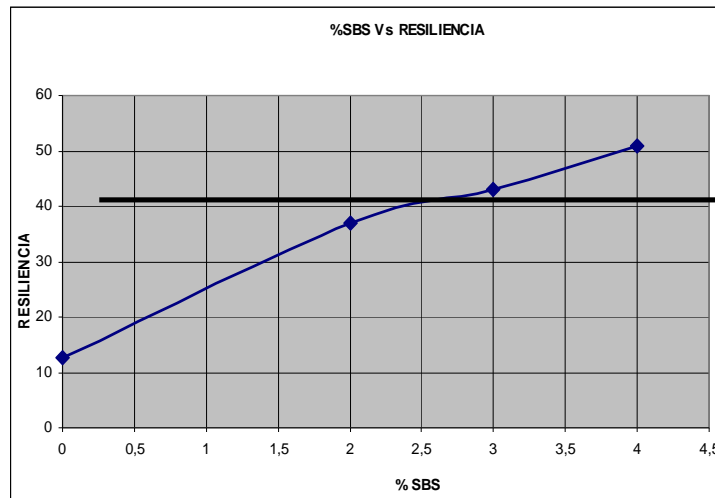


Figura 16. Grafica de la variación de la resiliencia en función del % de SBS

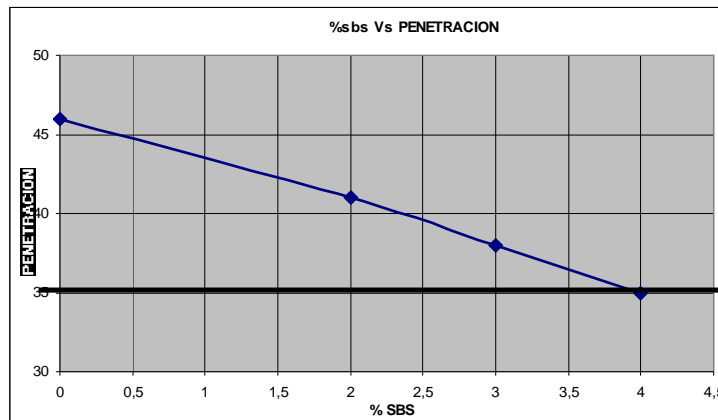


Figura 17. Grafica de la variación de la penetración en función del % de SBS

Al hacer el análisis grafico se encontró que el porcentaje de SBS óptimo correspondió a un valor del 3%

4.3 ELABORACION DE MEZCLAS A PARTIR DE LA FORMULACION BASE

En esta etapa se realizo las mezclas empezando con la formulación base y siguiendo el procedimiento citado anteriormente para tal fin.

La primera formulación trabajada, la base, al realizarle los ensayos técnicos se encontró que todos los valores estaban por fuera de los requeridos, por lo que se hizo el replanteamiento de la formulación, tomando la decisión de adicionarle base naftenica media para que la mezcla sea más blanda y de esta forma cumpla con el parámetro de penetración, sumado a esto se optó por adicionarle el polímero de tipo SBS, porque tampoco estaba dentro del rango mínimo de resiliencia.

El procedimiento fue repetitivo y en cada formulación se buscó la incidencia del comportamiento de la mezcla, evaluándose y reajustándola si fuese necesario.

5. RESULTADOS

De todas las combinaciones de las variables implicadas en la formulación se tomaron en cuenta las más representativas para definir una formulación final y así, ya con la formulación, realizar una prueba a nivel semi-industrial.

En la tabla 6 se aprecian las formulaciones más representativas así como en la tabla 7 los resultados de los ensayos o pruebas realizadas a cada uno de los selladores elaborados según su formulación.

Tabla5. Mezclas finales más representativas

Variable	Especificación	Mezcla #	Mezcla #	Mezcla #	Mezcla #	Mezcla #
		1	2	3	4	5
		%	%	%	%	%
Asfalto	Penetración 156 (mm/10)	70	68	67	66	64
Grano de caucho	Tamiz # 30 grado II	10	10	10	10	10
Polímero tipo SBS	Marca SOLPRENE	0	2	3	4	6
Llenante (CaO)	cal	20	20	20	20	20

Tabla 6. Resultados de los ensayos de las mezclas finales

ENSAYO	Mezcla # 1	Mezcla # 2	Mezcla # 3	Mezcla # 4	Mezcla # 5
Penetración de cono, 25 °C 150 g, 5 s; (mm/10)	46	41	38	35	33
Punto de ablandamiento anillo y bola, 25 °C; (°C)	66	86	95	118	120
Resiliencia a 25 °C; (%)	12,6	41	43	51	55
Viscosidad Brookfield a 205,5 °C; (P)	2,96	15,6	28,2	118	294

5.1 REQUERIMIENTOS TECNICOS DEL SELLADOR A DESARROLLAR

Para ser comercializado, el sellador debe de cumplir unas especificaciones a nivel nacional del Instituto Nacional de Vías INVIAS, dentro de las que se encuentran: viscosidad, % mínimo de asfalto, penetración, punto de ablandamiento, resiliencia y ductilidad.

Tabla 7. Requerimientos técnicos del sellador según Instituto Nacional de Vías.

CARACTERISTICAS	NORMA	Mínimo	Máximo
Penetración de cono,25 °C 150 g,5 s; (mm/10)	ASTM D-217	35	55
Punto de ablandamiento anillo y bola,25 °C; (°C)	IRAM 115	93	*****
Resiliencia a 25 °C; (%)	ASTM D-5329	40	*****
Viscosidad Brookfield a 205,5 °C; (P)	ASTM D-4402	*****	100
Contenido de Asfalto;(%)	INVIAS	60	*****

5.2 REALIZACION PRUEBA SEMI-INDUSTRIAL

Se partió de la formulación correspondiente a la mezcla # 3 de la tabla 6, se llevó el procedimiento realizado en el laboratorio para una producción de 150 Kg de sellador; se realizó la aditivación en un tanque, provisto de agitación y de una termocupla para el control de temperatura; se optó por variar al doble los tiempos de mezclado, para así asegurar una buena homogenización, ya que la velocidad del mezclador fue menor que la optima o recomendada. Una vez se termino su mezclado y en caliente se procedió a su evaluación.

Tabla 8. Resultados prueba industrial

POLIFLEX MPI	VALOR	REQUERIMIENTO SEGÚN NORMA	VALOR
Penetración de cono, 25 °C 150 g, 5 s; (mm/10)	42	Penetración de cono, 25 °C 150 g, 5 s; (mm/10)	35 Mínimo 55 Máximo
Punto de ablandamiento anillo y bola, 25 °C; (°C)	103,8	Punto de ablandamiento anillo y bola, 25 °C; (°C)	93 Mínimo
Resiliencia a 25 °C; (%)	40	Resiliencia a 25 °C; (%)	40 Mínimo
Viscosidad Brookfield a 205,5 °C; (P)	66	Viscosidad Brookfield a 205,5 °C; (P)	100 Máximo
Recuperación elástica por torsión 25 °C; (%)	90	Recuperación elástica por torsión 25 °C; (%)	NA

Después de realizada la prueba industrial se envaso el producto en cajas de 20 Kg, se dejó enfriar y compactar, ya sucedido esto se tomó una muestra del producto ya frío y se sometió a calentamiento, para así poder realizarle otra vez las respectivas pruebas.

Tabla 9. Resultados producto después de envasado

<i>POLIFLEX MPI DESPUES DE ENVASADO</i>	VALOR
Penetración de cono, 25 °C 150 g, 5 s; (mm/10)	44
Punto de ablandamiento anillo y bola, 25 °C; (°C)	100
Resiliencia a 25 °C; (%)	40
Viscosidad Brookfield a 205,5 °C; (P)	87,2
Recuperación elástica por torsión 25 °C; (%)	86

6. CONCLUSIONES

- ⊖ Se puede obtener en Colombia un sellador asfáltico para usar en daños de pavimentos y juntas de dilatación, que cumpla con las especificaciones técnicas, para ser comercializado a nivel nacional e internacional.
- ⊖ La formulación definitiva desarrollada a escala de laboratorio no presenta variación significativa al llevar el proceso a escala industrial.
- ⊖ El tamaño o granulometría del grano de caucho es la variable que más aportó al comportamiento de la viscosidad de la mezcla, principal propiedad a tener en cuenta para el óptimo desarrollo de la formulación.
- ⊖ Con base al desarrollo y posterior comercialización de este producto, teniendo en cuenta el porcentaje de caucho presente en la mezcla, se obtiene una relación de aprovechamiento de más de 100 kilogramos de llantas desechadas por cada tonelada de sellador producido, lo que propone una alternativa de carácter ambiental para el manejo de estos residuos sólidos.

7. RECOMENDACIONES

- ⊖ Realizar un análisis de tipo molecular en donde se pueda establecer detalladamente la interacción entre: el asfalto y el grano de caucho de llantas recicladas, el asfalto y el polímero de tipo SBS y finalmente el asfalto y la mezcla de polímero y grano de caucho, con el propósito de conocer de manera precisa los cambios que suceden durante el proceso de elaboración del sellador, así como la también el grado de incorporación y compatibilidad.

- ⊖ Antes de la adición del filler a la mezcla es conveniente realizarle un tratamiento para retirar la posible humedad q pueda haber adquirido este, ya que contenidos de humedad en la formulación podrían generar incompatibilidad en los componentes.

- ⊖ La limpieza del equipamiento es muy importante para el material fabricado, residuales en las paredes del tanque, líneas de llenado, etc., tendrán a producir material gelificado o coquificado, el cual puede actuar como agente nucleante para futuras gelaciones y de esta forma el resultado del producto no cumplirá con las especificaciones requeridas.

- ⊖ Realizar el “reparqueo” o tratamiento de fisuras en un tramo de pavimento experimental utilizando el sellador asfáltico óptimo obtenido y un sellador asfáltico ya comercializado para verificar sus propiedades.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standards compilations. USA. 2005.
2. CORASFALTOS; SENA; ECOPETROL ICP; INVIAS; MPI. Manuales para uso de asfaltos naturales, crudos pesados y asfaltos modificados. 4as Jornadas internacionales del asfalto. Cartagena 2004.
3. García Martínez Alberto, Modificación de Cementos Asfálticos, Proyectos, Asesoría y Control de Calidad, México, 1990.
4. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS), MINISTERIO DE TRANSPORTE. Artículos 400 y 450, Especificaciones generales de construcción de carreteras, contenido general, tomo 1, capítulo 1. Colombia: INV, 1998.
5. ROBERTS, Freddy L; KANDHAL, Printhiri S. y DUNNING, Robert L. investigation and evaluation of ground tire rubber in hot mix. 1989
6. The Asphalt Institute, Manual del Asfalto, Ediciones Urmo, 1973.
7. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA. GRUPO DE PAVIMENTOS Y MATERIALES DE INGENIERIA. Estudio del comportamiento de mezclas densas en caliente elaboradas con asfaltos modificados con policloruro de vinilo, látex natural y caucho reciclado. 4as Jornadas Internacionales del Asfalto. Cartagena 2004.
8. US Patent 5,835,401. Recycled rubber in a polymer modified asphalt and method of making same.

9. US Patent 5,938,832. Crumb rubber modifier asphalt with enhanced setting characteristics.
10. USMANI, Artur M. Asphalt science and Technology. 1997, pag.385-341.
11. US Patent 5,990,207. Mixtures of bitumen, of powdered rubber waste and polymer, employed as road binder.
12. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7769.pdf
13. <http://publications.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires09/D2-cancun0809/07-patricia-irrgang-sellado-juntas-griet.pdf>
14. <http://www.e-asfalto.com.ar/trabafsf/peru2001.pdf>
15. <http://www.lemit.gov.ar/component/content/article/12-servicios/41-materiales-bituminosos.html>
16. <http://www.e-asfalto.com.ar/go/?index1/catalogoproductosasfalticos.pdf>

9. ANEXOS

ANEXO A

CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA DE SELLADOR COMERCIALIZADO A NIVEL INTERNACIONAL.

El laboratorio de calidad de asfaltos y pavimentos de Manufacturas de Procesos Industriales MPI LTDA, adquirió una muestra de un sellador asfáltico que es comercializado a nivel internacional, esto con la finalidad de tener la idea de sus componentes y para tener una formulación base tentativa.

Tabla 10. Caracterización muestra de sellador marca CRAFCO, adquirido

SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO			
	Componente	%	
	Asfalto	54,48	
	Ripio + llenante	45,52	
CALCINACION A 600 °C			
	Residuo (llenante)	24,53	
	Asfalto + otros	75,46	

La granulometría observada correspondió al tamiz o malla N° 30 e identificándose como TIPO II.

El procedimiento para la caracterización de la muestra del sellador fue el siguiente:

ANEXO B

ENSAYOS REALIZADOS A SELLADORES ASFALTICOS

- **Brookfield Viscosidad:** Mide el grueso de un material líquido. Para un asfalto modificado de aplicación en caliente el índice oscila entre 1000 y 20.000 cp. (centipoise). Materiales con viscosidades hasta aproximadamente 5000 cp. se vierten generalmente fácilmente y son autonivelables. Las viscosidades sobre 10.000 cp. son materiales muy densos. (ASTM D3236 y otros)
- **Ductilidad:** Mide la cantidad de extensión en centímetros que un material tomará en una temperatura específica. La mayoría de las pruebas se realizan entre 25°C, y 40°C dependiendo de la característica de elongación. Cuanta más alta es la ductilidad, es más alta la elongación. Cada 10 centímetros de ductilidad la elongación es de aproximadamente 300%. La prueba se realiza en un recipiente de agua usando moldes con muestras específicas. (ASTM D113)
- **Cono de Penetración:** Esta prueba es un indicador de la dureza del material, midiendo la cantidad de muesca que un cono especificado, con un peso entre 150 a 200 gramos realiza entre 5 a 60 segundos. La prueba estándar se realiza a 25°C, usando un cono de 150 gramos por 5 segundos. Valores más altos de la penetración a una determinada temperatura indican materiales más suaves. (ASTM D5329)
- **Resiliencia:** Esta es a medida del rebote elástico de un material a 25°C. La prueba se realiza colocando las muestras en latas de 6 onzas de material a 25°C. Una bola de resiliencia se coloca en un penetrómetro y luego empuja el material permitiéndole a la bola rebotar por 20 segundos. La cantidad de

rebotes mide la resiliencia. Los asfaltos tienen normalmente 0 ó resiliencias negativas. (ASTM D5329)

- **Punto de Ablandamiento:** Esta es una indicación básica de la temperatura en la cual un material cambia de un sólido a un líquido viscoso. La prueba mide la temperatura a la cual la bola del metal cae a través de un disco sin apoyo del material. Los cementos asfálticos poseen puntos de ablandamiento de 38 a 52°C. Asfaltos de goma están entre 66 y 88°C. Los materiales de asfalto con polímero son típicamente entre 70 y 107°C. Cuanto más alto es el punto de ablanda, más resistente son. (ASTM D36)

ANEXO C

PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS JUNTAS DE DILATACION Y DE LAS GRIETAS

En el sellado de agrietamientos y toma de juntas hay que tener en cuenta tres cuestiones importantes la primera y fundamental es que la fisura o junta a tratar este **LIMPIA Y SECA** este trabajo se puede realizar con aire comprimido a presión en lugares de clima seco o con una lanza de aire en caliente que me permite secar, limpiar y eliminar los elementos orgánicos para lograr una buena adhesión del material sellador. Este trabajo es fundamental ya que sin el mismo la penetración y adhesividad del sellador baja considerablemente y esto produce que él tránsito vehicular o una simple lluvia levante en muy poco tiempo el trabajo realizado. La segunda y no menos importante es respetar la temperatura del material tanto de calentamiento como de aplicación, debido a que los selladores a base de asfalto se les incorporan polímeros y/o ralladura de neumático para lograr una mayor flexibilidad y adhesión estos necesitan una temperatura de 170 a 190 grados centígrados para que los polímeros actúen y no pudiendo ser superior a los 210 grados centígrados ya que así se provoca la cristalización de material perdiendo este adhesión y flexibilidad, en el caso de los materiales que incorporan ralladura de neumática la temperatura debe ser superior a los 150 grados centígrados para permitir la que el mismo se disuelva coincidiendo las temperaturas máximas con la de los polímeros. La ultima y que garantiza la correcta configuración de la grieta es el ruteado de la misma la cual me permite formar una cavidad donde se depositara el sello que le proporciona un aumento del 50% en su durabilidad. Tanto en Pavimentos rígidos como flexibles la correcta configuración del agrietamiento me brindara la mejor relación costo beneficio, prolongando la vida del pavimento. En las fotografías que a continuación se muestra observamos los equipamientos que se utilizan para el ruteado, limpieza y secado de las grietas en ambos tipos de pavimento que me garantizan el mejor resultado.

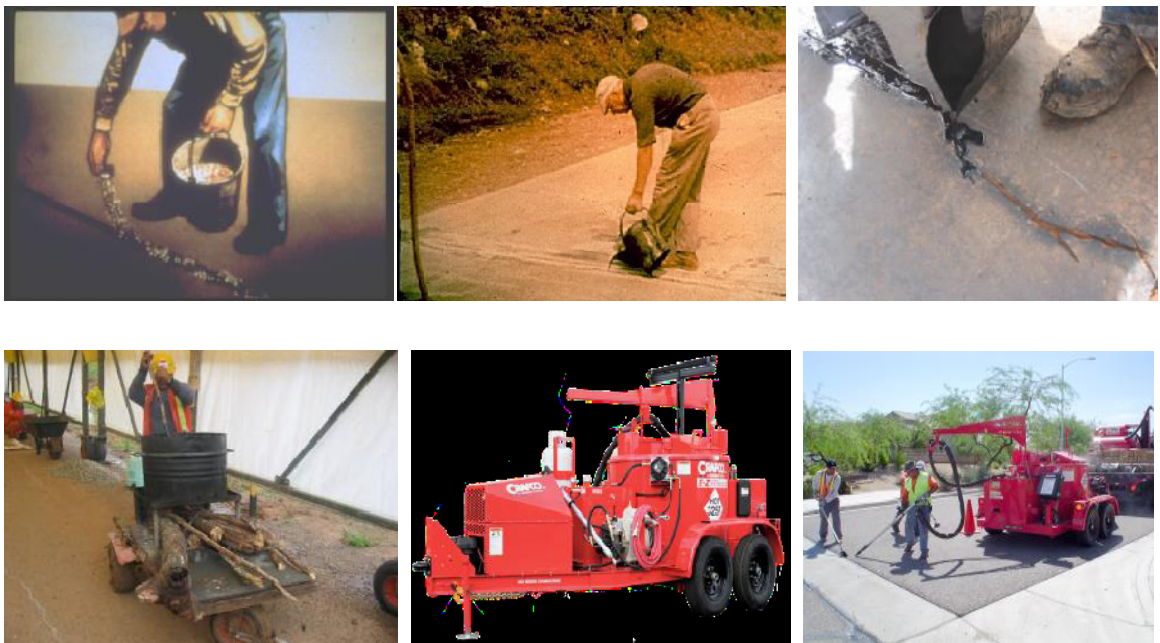


TÉCNICAS DE APLICACIÓN

El sellado de fisuras comenzó con el famoso tachito de asfalto caliente, luego siguieron pequeñas tolvas de calentamiento para la aplicación por gravedad pero

nada fue realmente efectivo, la durabilidad de todos y cada uno de ellos era muy corta y el costo de la mano de obra alta.

En la actualidad con el equipamiento que se cuenta esto ha cambiado, ahora lo importante es hacer las cosa bien y a un bajo costo final, los modernos equipos para el sellado de fisura y grietas así como también para el sellado de juntas me permiten realizar el trabajo bien de una sola vez y con una durabilidad superior a los cinco años respecto de los sellados tradicionales, la inversión inicial es mayor pero es rápidamente amortizado con la durabilidad del trabajo y el ahorro en los costos de aplicación, lo importante es hacer las cosa bien y en una vez.



ANÁLISIS DEL TIPO DE MATERIAL DE SELLO UTILIZADO

El Departamento de Transportes de U.S.A. realizó uno de los más amplios estudios sobre el grado de deterioro de los pavimentos a largo plazo y su correcto mantenimiento (LTPP). Durante 20 años del programa, las agencias de Carreteras

en los Estados Unidos y 15 años en otros países recogieron datos sobre pavimentos: su condición, clima, volúmenes de tráfico y cargas. Esa información permitió que los ingenieros en pavimentos diseñen mejores y más duraderos caminos. Los manuales fueron desarrollados para proporcionar datos sobre las señales de socorro de pavimento. Describe las grietas, baches determinando los métodos de construcción y mantenimiento utilizados en carreteras y seleccionando cuales funcionan y cuáles no. Estudiaron tipos de asfaltos utilizados para construcción, sellador para grietas y juntas, métodos de bacheo, tipos de señalización, etc.

Como parte de esta investigación, datos de la temperatura del pavimento de millares de localizaciones a través de los Estados Unidos y del Canadá fueron recogidas. Esta información se ha compilado en una base de datos llamada LTTP Bind. Estos datos son utilizados para desarrollar un proceso de selección de material de sello para tratamientos de preservación del pavimento. Teniendo en cuenta la temperatura del pavimento, el tráfico, clima y la incidencia de los rayos ultravioletas podemos elegir el sellador. Los pasos a seguir son los siguientes:

I) Evalúe el pavimento y determine el tratamiento de la preservación más conveniente, verifique si desea: a) Sellado de Grieta: Este proceso se debe realizar en los pavimentos que están en buena condición con una buena base, las grietas son normalmente térmicas y se presentan cada 6 metros y con un movimiento de 1/8 de pulgada. Para lograr conseguir un buen sello debemos rutear o ensanchar la grieta que me aumenta en un 50% la vida útil del sellador siendo de 5 a 9 años. Si requiere que dure el trabajo elija el material de sello correcto. b) Relleno de la Grieta: Este procedimiento consiste en el llenado de las grietas con movimiento mayor a 1/8 de pulgada, debemos lograr que la humedad no pase a la sub-base evitando la formación de baches, en esta etapa ya tenemos piel de cocodrilo y daños mayores. El relleno de la grieta es un método muy rentable de reparación del pavimento que agregará años a su vida. c) Relleno Común: Este tipo de sello lo utilizamos en las juntas y grietas en pavimentos de

hormigón para evitar la penetración de agua con la consecuente fractura de las losas.

II) Determine los extremos de la Temperatura. Para elegir el tipo de material de sello es de vital importancia saber cuáles son las temperaturas máximas y mínimas de las carpetas de rodamientos, dependiendo de esta temperatura y del tipo de mantenimiento que desee realizar (rellenar o sellar) será el material elegido. No olvide que el grado en que los rayos solares impactan sobre la carpeta y la altitud en la que se encuentre, son fuertes determinantes de la temperatura de la vía y esto puede o no coincidir con la temperatura ambiente.

III) Seleccione el Producto más adecuado. Selección del producto que corresponde al proceso del tratamiento que usted seleccionó en el paso uno (sellado o relleno). Muchos productos pueden ser utilizados en climas diferentes dependiendo si queremos sellar una grieta por más tiempo o llenarla con un rendimiento menor. Para una explicación más detallada del proceso de selección, refiera Procedimientos de Selección, solicite la Hoja de Datos del Producto, uso e instrucciones.