

“CARACTERIZACIÓN MEDIANTE MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA DEL CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO TIPO III FABRICADO POR INCOASFALTOS S.A.”

OBJETIVO GENERAL

Determinar mediante pruebas de microscopia de fluorescencia el grado de incorporación del polímero SBS en un cemento asfáltico modificado con polímero tipo III.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar pruebas de microscopia de fluorescencia en diferentes etapas del proceso de fabricación del cemento asfáltico modificado con polímero tipo III, con el fin de observar el grado de incorporación del SBS.
- Determinar el punto de ablandamiento, la penetración y la viscosidad, en diferentes etapas del proceso como elementos de comparación para apreciar los cambios en el ligante.

INTRODUCCIÓN

Los asfaltos modificados con polímeros presentan un grado superior a sus bases de producción, el cual se refleja en un mejor desempeño reológico consiguiendo aumentar de manera significativa los rangos de temperatura en los cuales se obtiene una respuesta adecuada del ligante, disminuyendo la susceptibilidad térmica, mejorando sustancialmente la adherencia, viscoelasticidad y termoplasticidad. Pero dichas propiedades se logran solo cuando el polímero esta debidamente incorporado y reticulado en el asfalto de partida.

La incorporación de un polímero en el asfalto es un proceso complejo, para lograrlo se requieren de ciertas condiciones preestablecidas en cuanto a las características fisicoquímicas del modificador, así como en las condiciones del proceso de molienda, el cual busca obtener un tamaño de partícula que permita una buena dispersión del mismo en el asfalto y también un buen grado de compatibilidad con los aceites presentes en el mismo.

En el desarrollo de este estudio se tratan de observar mediante la micromorfología de la mezcla asfalto - polímero, como cambian las formas y las propiedades macroscópicas del ligante, para ello recurrimos a la técnica de microscopía de fluorescencia, con la cual fue posible seguir cada una de las etapas del proceso de producción, hasta dar finalmente con un producto que contiene un alto grado de reticulación del polímero.

RESULTADOS

I. RESULTADOS CON MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA PARA UN ASFALTO MODIFICADO TIPO III.

Las etapas que fueron analizadas mediante el uso de microscopía de fluorescencia corresponden a tiempos característicos del proceso productivo desarrollado por Incoasfaltos:

1. ETAPA DE MOLIENDA CONCENTRACION DE POLIMERO >7%.

Las siguientes figuras corresponden a micrografías de las muestras seleccionadas en el proceso de molienda del polímero en tres sub etapas: 1/3, 2/3 del tiempo de molienda y al momento de realización de la prueba que determina la correcta incorporación del polímero; en ellas se observa la dispersión del SBS en el asfalto, combinando el efecto obtenido por una adecuada temperatura de proceso y por la energía mecánica transmitida por los sistemas de recirculación, agitación, corte y homogenización de la mezcla, a fin de obtener como resultado una inversión de fases, donde la fase continua es el polímero y la fase dispersa el asfalto.

1.1 Un tercio del tiempo de molienda.

Figura 1. M1 100x

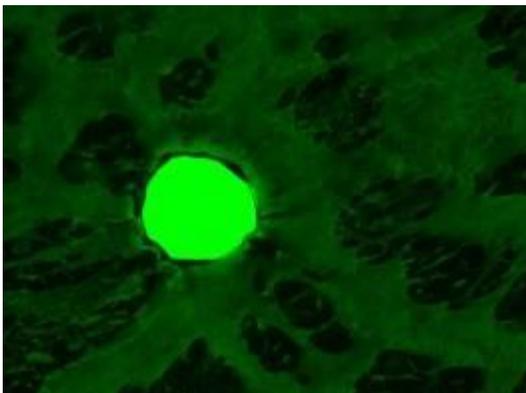


Figura 2. M1 200x

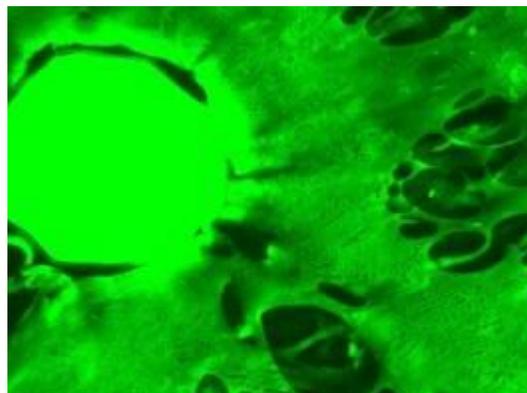


Figura 3. M1 500x

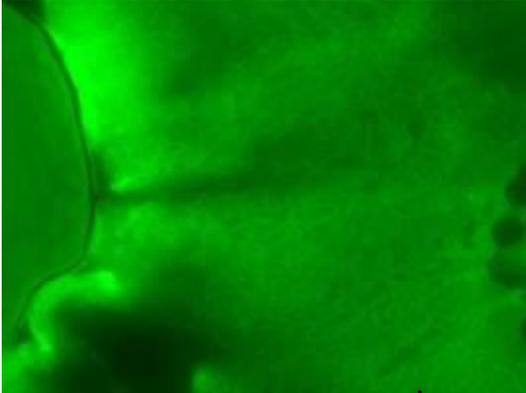


Figura 4. M1-1 100x

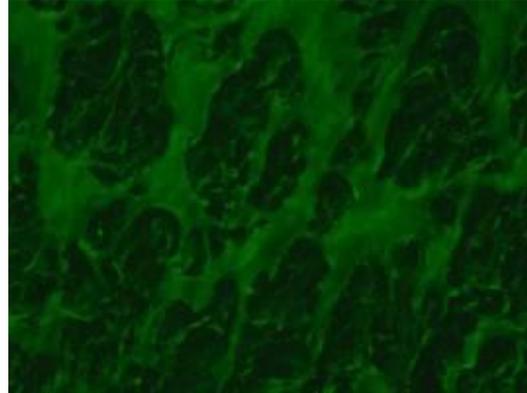


Figura 5. M1-1 200x

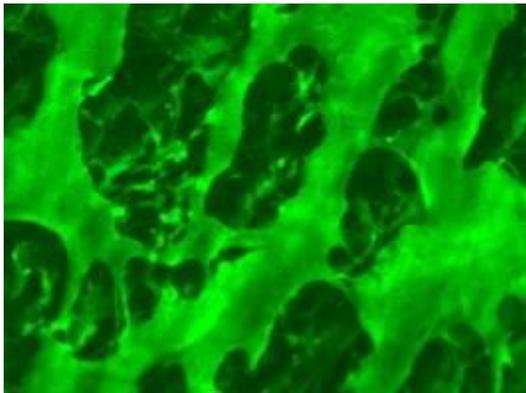
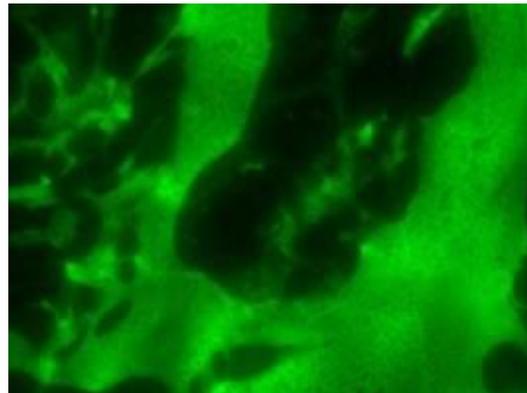


Figura 6. M1-1 500x



En esta etapa se puede apreciar que no existe un buen grado de dispersión del polímero, presentándose zonas de alta concentración del mismo, como se evidencia en las figuras 1, 2 y 3; por otro lado en las figuras 4, 5 y 6 se puede observar que existe un alto grado de dispersión de las dos fases y que estas todavía no han alcanzado un buen grado de imbricación u ordenamiento y que el polímero solamente se encuentra en proceso de disolución.

1.2 Dos tercios del tiempo de molienda.

Figura 5. M2 a 100x



Figura 6. M2 a 200x

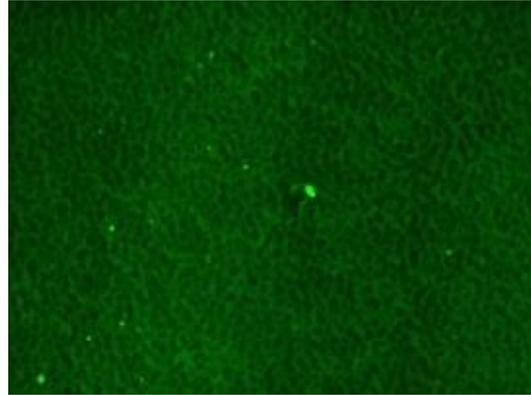
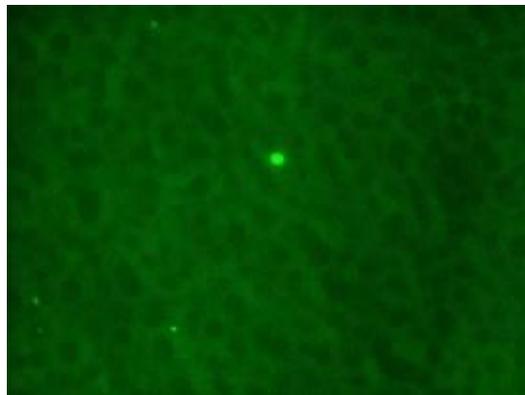


Figura 7 M2 a 500x



En las figuras **5, 6 y 7** se puede ver un mayor grado de dispersión del polímero que en la etapa anterior no se observaba, en ellas se aprecia claramente una estructura en donde el asfalto está perfectamente inmerso o nidificado dentro del polímero con cierta presencia de gránulos formados por concentración localizada de polímero sin moler adecuadamente.

1.3 Prueba de dispersión del polímero en el asfalto.

Las siguientes figuras corresponden a las micrografías tomadas en la etapa de prueba de dispersión del polímero en el asfalto, momento en el cual donde por métodos físicos (tacto y visión) se determina la homogeneidad en el tamaño de grano del polímero y el brillo del bitumen; en esta etapa finaliza el proceso de molienda.

Figura 8. P1 a 100x



Figura 9. P1 a 100x



Figura 10. P1 a 200x

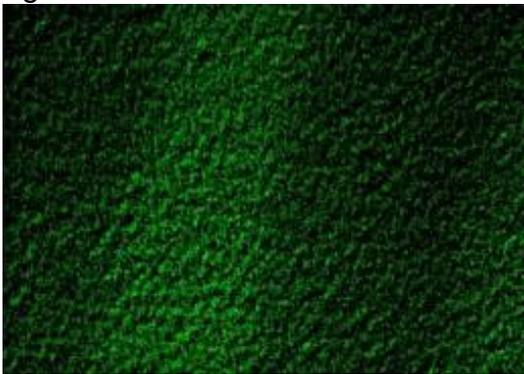
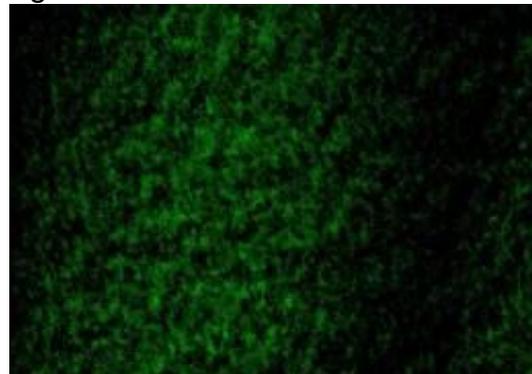


Figura 11. P1 a 500x



En las micrografías anteriores se puede apreciar un alto grado de dispersión del asfalto en el polímero, así como también se aprecia claramente una estructura muy regular (formación de red), donde el polímero corresponde a la fase continua de la mezcla, se puede decir que esta parte del proceso a pesar de ser controlada por inspección visual y al tacto en forma macroscópica tiene una correspondencia única con el grado de dispersión del polímero en forma microscópica.

En este estado del proceso a diferencia de los anteriores el polímero esta absorbiendo partes de los aceites de la fracción malténica del asfalto, este fenómeno se logra gracias al reducido tamaño de partícula, facilitando el hinchamiento de manera parcial; por eso al comparar las figuras **5 y 8**, se observa una diferencia notable en cuanto a la conformación de la red, esta se nota más abundante durante la prueba de dispersión del polímero.

2 ETAPA DE DILUCIÓN CON ASFALTO

Esta etapa corresponde al proceso donde se efectúa la mezcla del concentrado logrado en la etapa de molienda, con el asfalto virgen seleccionado para la fabricación del modificado; la dilución produce una reducción de la concentración de SBS hasta obtener en valor que permite cumplir los parámetros establecidos para un cemento asfáltico modificado con polímero tipo III.

Las siguientes figuras muestran claramente la ocurrencia del proceso de dilución.

Figura 12. D1 a 100x

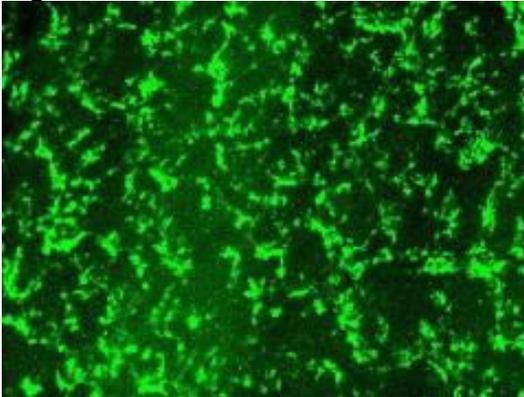


Figura 13. D1 a 200x

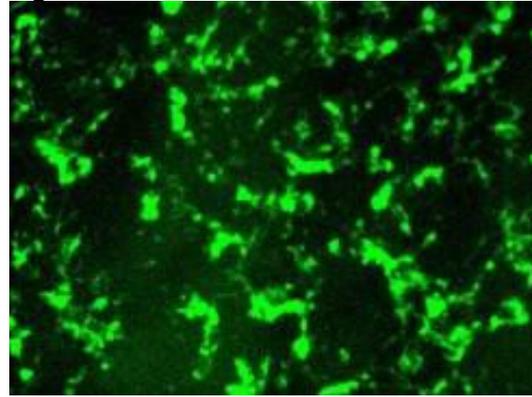
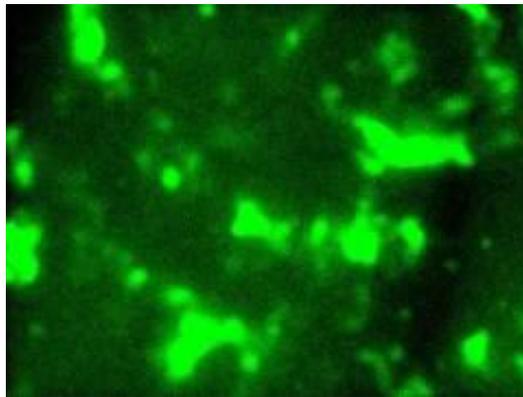


Figura 14. D1 a 500x



En esta etapa se puede apreciar un arrollamiento de la estructura o red polimérica lograda en la etapa de molienda así como el proceso de inversión de fase.

3 ETAPA DE ADICIÓN DE AGENTE ENTRECruzANTE.

Esta etapa corresponde a la parte del proceso donde se aplica el agente entrecruzante en la proporción adecuada para que produzca el efecto deseado en la formación de una red polimérica estable en el producto final. Las siguientes figuras muestran el efecto de adicionar el agente entrecruzante durante la tercera parte del tiempo de reticulación, en las mismas logra apreciarse el inicio de la formación de una red polimérica con cada uno de los conglomerados de polímero que habían quedado dispersos en el proceso de dilución.

3.1 un tercio de tiempo de reticulación.

Figura 15. E1 a 100x

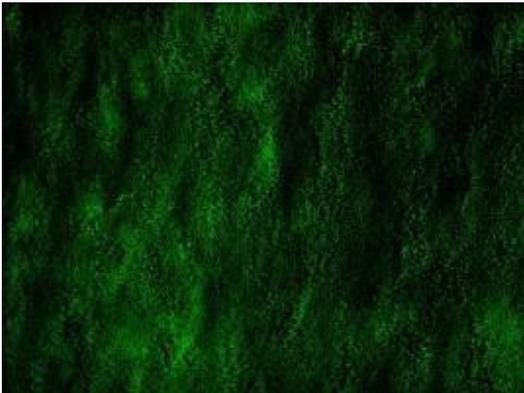


Figura 16. E1 a 200x

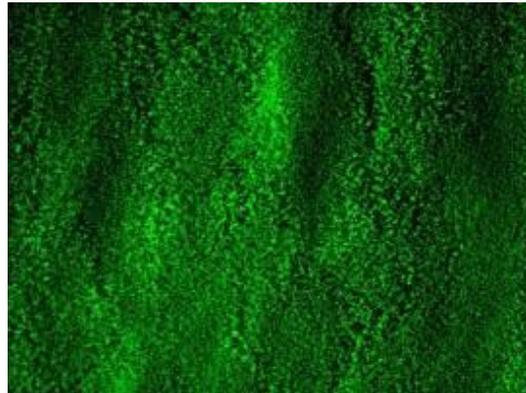
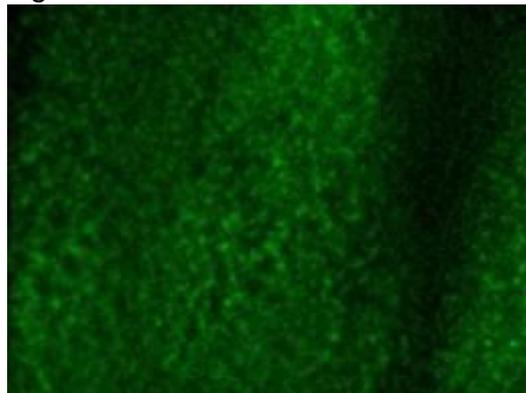


Figura 17. E1 a 500x



3.2 Medio tiempo de reticulación.

Figura 18. E2 a 100x



Figura 19. E2 a 200x

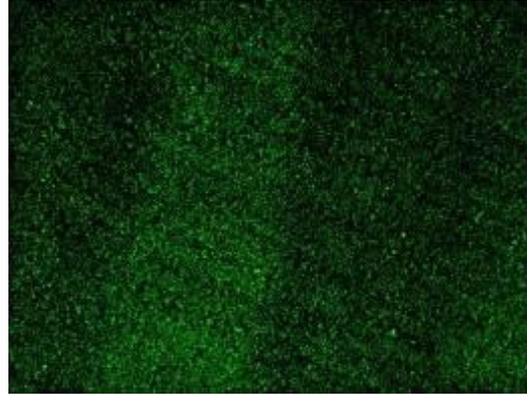
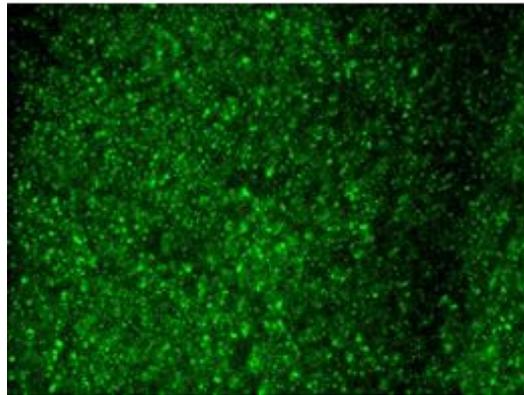


Figura 18. E2 a 500x



En las anteriores figuras se puede apreciar que existe un dominio formado por el polímero dentro del asfalto, que refleja una región claramente definida con una orientación establecida por la red polimérica, en este punto se puede considerar que existe un alto grado de entrecruzamiento y es debido al avance de las reacciones químicas entre el agente reticulador y los compuestos del asfalto.

3.3 Tiempo de reticulación.

Figura 19. E3 a 100x

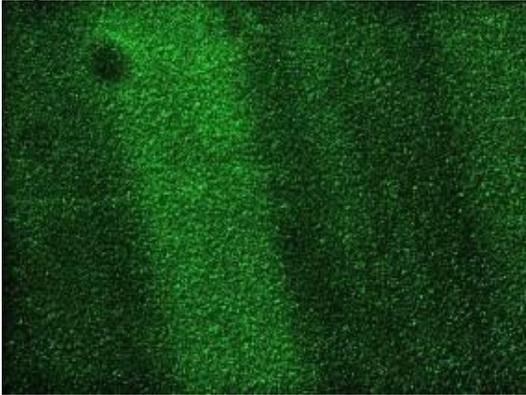


Figura 20. E3 a 200x

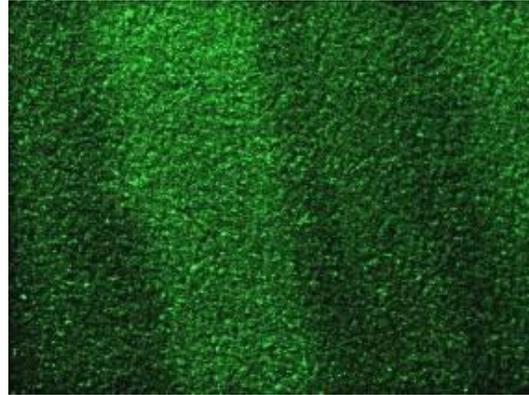
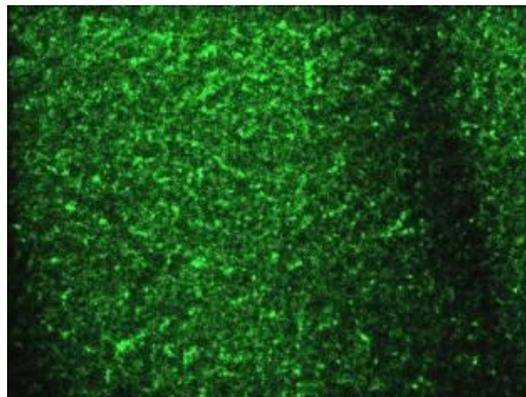


Figura 21. E3 a 500x



La reacción entre el asfalto y el agente entrecruzante ocurre en los compuestos aromáticos (Ar) y nafténicos de las moléculas de asfalto, dando origen al incremento de la relación asfaltenos/resinas lo que se traduce finalmente en un aumento de la dureza y la viscosidad del bitumen.

Las partículas finas del SBS son encapsuladas por compuestos aromáticos en el asfalto, mejorando la compatibilidad.

4 ASFALTO MODIFICADO TIPO III DESPUÉS DE TRES (3) MESES DE FABRICADO

Las siguientes micrografías muestran la configuración de la red polimérica del producto después de tres (3) meses de modificado, en ellas se puede ver claramente la anidación del polímero en el asfalto, **evidenciando** que el proceso de modificación con SBS es absolutamente estable.

Figura 22. A1 a 100x

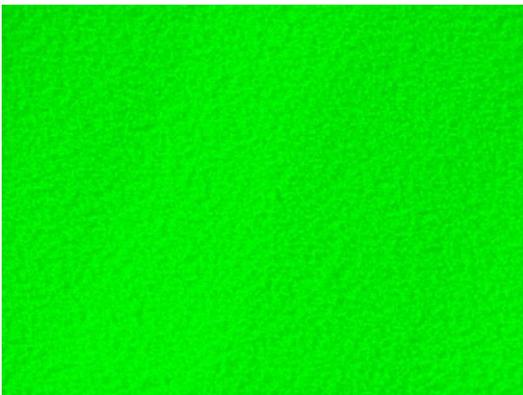
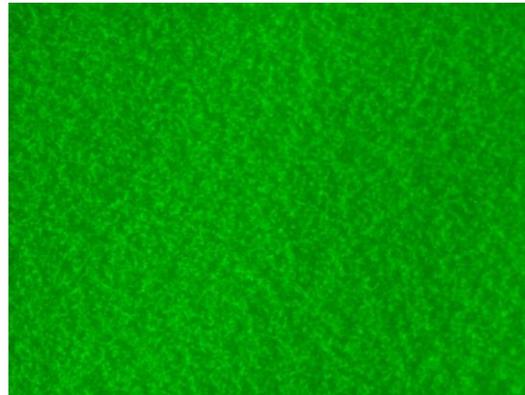


Figura 23. A1 a 200x



II. RESULTADOS OBTENIDOS CON ENSAYOS DE CALIDAD REALIZADO AL PRODUCTO EN CADA ETAPA DE PROCESO.

Para comparar los resultados obtenidos en estas pruebas, confrontamos las propiedades del asfalto base (blanco) con las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero tipo III.

En la tabla 1 se muestran las características del asfalto base de producción del asfalto modificado con polímeros tipo III.

Tabla 1. Características del asfalto base de producción.

ASFALTO	ETAPA DE PRODUCCION	PENETRACION, 0,1mm, 100g, 5Seg	PUNTO DE ABLANDAMIENTO (°C)	VISCOSIDAD A 60°C (P)
80/100	MOLIENDA	91,2	43,3	1140

RESULTADOS DE CONTROL DE CALIDAD

Para la interpretación de resultados es necesario recurrir a la siguiente nomenclatura para las etapas del proceso:

Tabla 2. Etapas De Proceso

NUMERO	ETAPA DE PROCESO
0	ASFALTO VIRGEN
1	1/3 TIEMPO DE MOLIENDA
2	2/3 TIEMPO DE MOLIENDA
3	PRUEBA DISPERSION DE POLÍMERO EN EL ASFALTO
4	DILUIDO ANTES DE APLICAR AGENTE ENTRECruzANTE
5	1/3 DEL TIEMPO DE RETICULACION
6	½ TIEMPO DE RETICULACION
7	TIEMPO DE RETICULACION
8	PRODUCTO FINAL

Tabla 3. Resultados de control de calidad para cada una de las etapas del proceso.

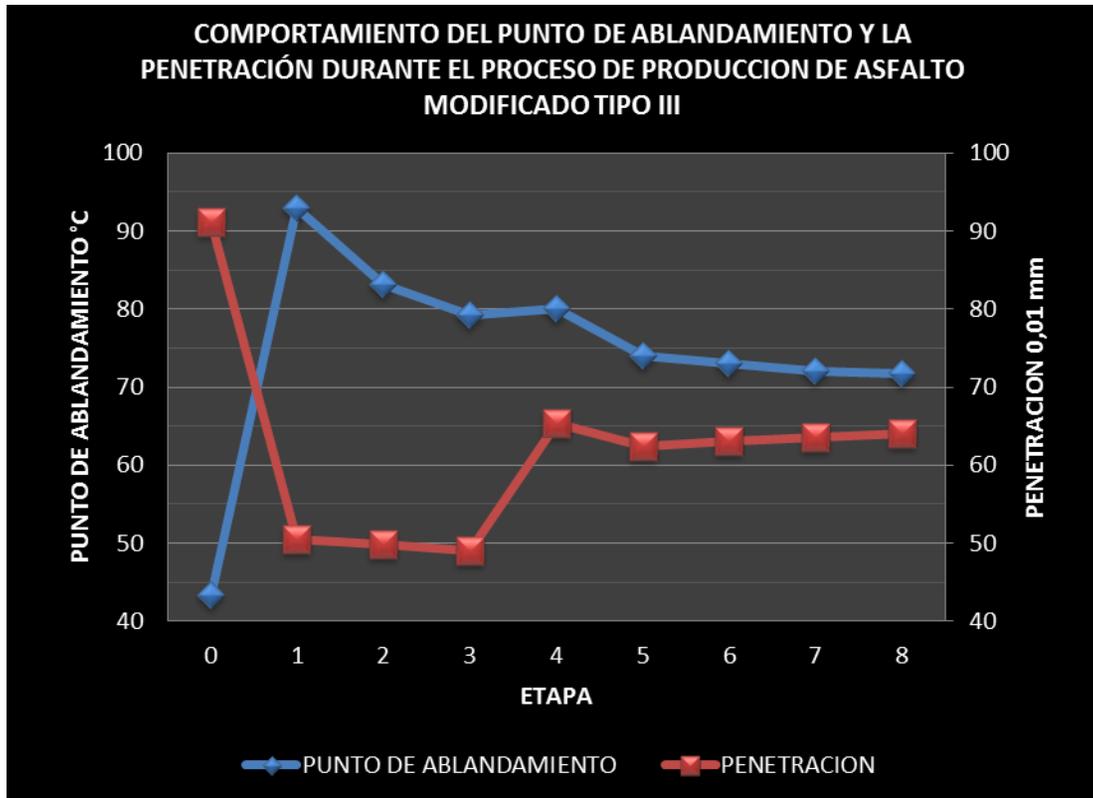
ETAPA	PUNTO DE ABLANDAMIENTO (°C)	PENETRACIÓN (1/10mm)
0	43,3	91,2
1	93	51
2	83	50
3	79	49
4	80	65
5	74	62
6	73	63
7	72	64
8	72	64

Tabla 4. Resultados de curvas reologicas en etapa de reticulación del polímero.

T(°C)	VISCOSIDAD cP			
	ETAPA			
	5	6	7	8
120	670	773	1597	2060
135	303	355	713	928
150	155	180	423	556
160	105	125	301	433
170	68	85	215	285
180	50	64	155	205
190	35	45	115	160
200	25	33	90	113

ANÁLISIS DE RESULTADOS PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

Grafica 1. Variación de las propiedades macroscópicas del asfalto en función de las etapas de proceso.

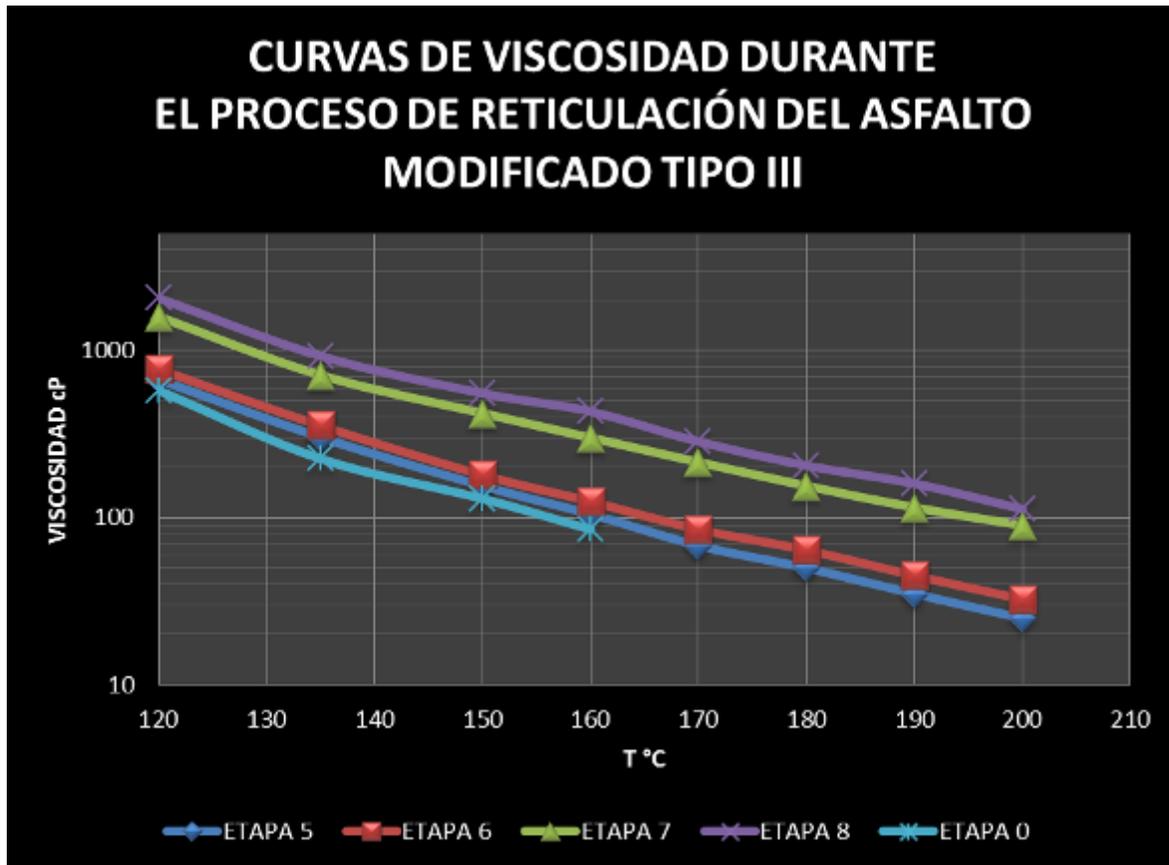


Como lo muestra la grafica anterior se puede notar como en la etapa de molienda se obtienen cambios drásticos de forma macroscópica en las propiedades del asfalto en términos de penetración y punto de ablandamiento, logrando un incremento porcentual del 86% en punto de ablandamiento así como también una reducción de la penetración del 29%, pero en términos generales logramos conseguir con esta modificación hasta el final del proceso un incremento del 67% en el punto de ablandamiento y una reducción del 30% de la penetración original respecto al asfalto base de producción.

A partir de esta gráfica es posible deducir que existe un periodo de estabilización de las propiedades medibles del asfalto después de la etapa 6 donde el asfalto

modificado mantiene casi que constante las propiedades punto de ablandamiento y penetración.

Grafica 2. Variación de las curvas reologicas en el proceso de reticulación del asfalto después de agregar el agente entrecruzante.



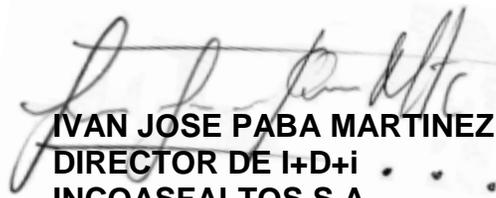
Analizando las curvas representadas en la grafica 2 se puede observar un cambio significativo durante el proceso de reticulación principalmente durante las 3 primeras etapas, debido al progreso de la reacción del agente entrecruzante con las fracciones malténicas del asfalto, para dar lugar a un mayor contenido de resinas lo cual sustenta el incremento de la viscosidad en el asfalto.

CONCLUSIONES.

- La incorporación del polímero se logra de manera exitosa durante el proceso de producción del cemento asfáltico modificado con polímero tipo III tal cual como lo demuestra el seguimiento por microscopía de fluorescencia y los cambios en las propiedades fisicoquímicas de cemento asfáltico.
- De los resultados anteriormente mostrados podemos concluir que es posible correlacionar las propiedades macroscópicas del cemento asfáltico modificado con polímero tipo III (pruebas de control de calidad), con las observaciones microscópicas realizadas mediante la técnica de microscopía de fluorescencia.

OBSERVACIONES.

- El presente informe detalla el seguimiento del proceso de incorporación de polímero SBS a escala industrial con molinos trigonales de gran capacidad de la casa matriz **Alcasa Molinos Coloidales** de fabricación argentina adquiridos por incoasfaltos para lograr excelentes prestaciones en los ligantes modificados.



IVAN JOSE PABA MARTINEZ
DIRECTOR DE I+D+i
INCOASFALTOS S.A.