

# Variación de las propiedades de un cemento asfáltico tipo 60/70, por sobrecalentamiento en la etapa de almacenamiento y producción de una carpeta asfáltica

Rodríguez Mejía<sup>a</sup>, Abel Ernesto<sup>b</sup>

- a Investigador en el área de asfaltos y pavimentos, de la Facultad de Ingeniería Civil (USFX), Destacamento 317, Ex Campus REFISUR, 573, Sucre, Bolivia. E-mail: abelrodriguez@hotmail.com.
- b Docente en el área de Vías de la Facultad de Ingeniería Civil (USFX), Destacamento 317, Ex Campus REFISUR, 573, Sucre, Bolivia. E-mail: cori\_h5@yahoo.es.

Recibido: 03/10/2022

## RESUMEN

Los ligantes asfálticos de comportamiento geológico visco elástico, es decir, tiene un comportamiento elástico y plástico simultáneamente, de viscosidad variable en función de la temperatura, con pérdida de sus principales propiedades en presencia de las altas temperaturas, factor que mayor daño produce al producto, facilitando su oxidación y por lo tanto su envejecimiento. Razón y motivo para el desarrollo del presente trabajo, que con los resultados obtenidos, pretende que todos los profesionales involucrados con la construcción de pavimentos flexibles, tomen en cuenta los valores y recomendaciones para evitar los sobrecalentamientos o calentamientos prolongados en temperaturas altas, durante la producción de mezclas asfálticas.

**Palabras clave:** Sobrecalentamiento de asfaltos, oxidación y envejecimiento de asfaltos.

## ABSTRACT

Asphalt binders with viscoelastic geological behavior, that is, they have an elastic and plastic behavior simultaneously, with a variable viscosity depending on temperature, with loss of its main properties in the presence of high temperatures, a factor that produces greater damage to the product. Facilitating its oxidation and therefore its aging. Reason and motive for the development of this work, which with the results obtained, intends that all professionals involved with the construction of flexible pavements, take into account the values and recommendations to avoid overheating or prolonged heating in high temperatures during the production of asphalt mixtures.

**Key words:** Overheating of asphalt, oxidation and aging of asphalt.

## INTRODUCCIÓN

La producción de mezclas asfáltica, es un proceso que involucra tecnología de punta para la dosificación y mezclado en caliente de acuerdo a un diseño en peso de agregados y un cemento asfáltico.

Las temperaturas de trabajabilidad de los ligantes bituminosos están comprendidos entre: 90°C y 160°C, según su clasificación de acuerdo al ensayo de penetración.

Dentro de una planta de producción de mezcla asfáltica, se contempla uno o más tanques de almacenamiento, provistos de un sistema de circulación de aceite térmico para transferir calor, manteniendo o calentando el mismo a una temperatura que permita su manipuleo o trabajo, tanto en bombeo y mezclado, así mismo, un circuito de tuberías de recirculación del producto para unificar la temperatura en el total del volumen que almacena dicho tanque.

El presente artículo tiene como objetivo principal, presentar y difundir las variaciones de las propiedades viscoelásticas del cemento asfáltico, sometido a prolongados calentamientos y a temperaturas altas como ser: 100°C, 120°C, 140°C y 160°C; simulando en laboratorio lo que acontece en una planta de producción de la mezcla asfáltica.

Este proceso de producción requiere de un permanente calentado del ligante bituminoso y el sistema de tuberías tipo serpentín con aceite térmico en circulación es demasiado lento, demorando muchas horas para llegar a las temperaturas de trabajabilidad, lo que obliga a tener siempre volúmenes adecuados de material a temperaturas de mezclado según la programación de colocado y compactado de la carpeta de rodadura. Este hecho de mantener calentado el material, se puede prolongar si las condiciones climáticas no permiten su colocado en plataforma o por daños en equipos de colocado y compactado que impiden o hacen que se suspenda la producción.

Para un análisis y una comprensión de los efectos que se producen a causa del prolongado calentamiento del material bituminoso dentro de los tanques de almacenamiento, se debe tener claro y conocer que es y cómo se compone un cemento asfáltico.

### ¿Qué es un cemento asfáltico?

El asfalto, o cemento asfáltico es un material proveniente de la fracción más pesada del petróleo crudo. Es una sustancia negra y pegajosa, de comportamiento reológico viscoelástico, es decir, tiene un comportamiento elástico y plástico simultáneamente. Su viscosidad varía en función de su temperatura.

- Es una dispersión coloidal.
- Posee grandes agregados moleculares de nombre Asfáltenos, estos forman la fase dispersa.
- Las Parafinas Saturadas, Aceites aromáticos y Resinas, constituye la fase continua o líquida, que se los llama Máltenos (Kanabar, 2010; Vargas et al, 2008).

**Los asfáltenos**, son compuestos solubles que se precipitan del petróleo crudo por la adición de un mínimo de 40 volúmenes de n-pentano. Partículas sólidas de color café oscuro hasta el negro, sin punto de fusión definido; al calentarse forma una masa viscosa que se descompone, se hincha y aglutina, dejando un residuo de carbón.

Los asfáltenos, proporcionan rigidez y durabilidad, es decir sus propiedades reológicas del producto se encuentran estrechamente relacionados con el contenido de asfáltenos (Swiertz, 2010). Son los responsables de las características estructurales de los asfaltos, cuyo contenido esta entre 15% a 20%.

**Los máltenos**, es la fracción soluble en hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición, los porcentajes mayores de máltenos, nos determina:

La calidad del asfalto, es decir, que su naturaleza química regula las propiedades químicas de los asfaltos.

Los máltenos se separan por medios físicos, en resinas y aceites.

Las resinas son las encargadas de las características cementantes o aglutinantes, mientras que los aceites dan la consistencia para hacerlas trabajables.

Las propiedades físicas del asfalto, dependen de las proporciones de los asfáltenos, resinas y aceites que contienen.

**Cuando el asfalto es sometido a los efectos del calentamiento en la planta**, se va presentando una reducción gradual de los aceites y por lo tanto, los núcleos de los asfáltenos se acercan y friccionan, lo que incrementa su viscosidad.

La oxidación modifica las cantidades de los componentes del asfalto, los aceites se convierten en resinas y estas en asfáltenos.

Los aceites son los que protegen al asfalto de la oxidación, haciéndolos más durables, pero también más deformables.

**Craqueamiento térmico**, Los excesos de temperatura de calor durante las operaciones, pueden llevar al fenómeno conocido como craqueamiento térmico, (Hunter R. N., 2015).

El asfalto presenta cadenas químicas en sus moléculas, que varían entre 20 a 120 átomos de carbono más hidrogeno y heteroátomos, la ruptura de las cadenas moleculares que componen los asfaltos, por la acción de temperaturas excesivas, es un "craqueamiento térmico", por consiguiente, es la perdida de las características aglutinantes del ligante asfáltico.

**Endurecimiento de los ligantes,** Es un proceso químico entre el asfalto y el oxígeno, que altera la composición del ligante, formando moléculas más grandes que generan estructuras rígidas, llamado también como "Oxidación del asfalto". (Clubensayos.com.09, 2012).

La oxidación ocurre con mayor intensidad a altas temperaturas y en películas delgadas de asfalto.

Fenómeno que conlleva a un endurecimiento y pérdida de propiedades.

**Volatilización,** Es la pérdida de peso del ligante asfáltico, debido a la evaporación de sus componentes volátiles.

Reduciendo sus propiedades de viscosidad.

Las fracciones aromáticas se evaporan y los asfáltenos aumentan en peso.

**Oxidación,** Factor más importante que contribuye al endurecimiento y fragilización de las mezclas.

- Aumenta su rigidez
- Reduce su Ductilidad
- Afecta su resistencia a la fisuración
- Afecta su vida útil en fatiga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló con el propósito de obtener resultados que nos determine cuantitativamente y cualitativamente resultados confiables y factores de fácil aplicación, para lo cual se trabajó con 37 muestras de un asfalto Tipo 60/70 convencional. Teniendo como contexto los tiempos y las temperaturas empleadas en la campaña de ensayos, desarrollados según la siguiente tabla 1.

Tipo de asfalto	Tiempo (2C)	Tiempo en Horas									
		0	24	48	72	96	120	144	168	240	336
85/100	100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	140	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	160	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 1, variables

La evaluación de la incidencia de la temperatura en las propiedades visco-elásticas de un ligante asfáltico tipo

60/70, durante el almacenamiento, fueron desarrolladas empleando los equipos normados, según tipo de ensayo:

- Penetración (AASHTO T 49-97)
- Punto de Ablandamiento (ASTM D-37)
- Viscosidad (ASTM D1439-03)
- Ductilidad (ASTM D113- AASHTO T51-00)

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos, nos permiten determinar valores de corrección o evaluación para su aplicación o no, en obra de los cementos asfálticos.

Los factores obtenidos, se dividió en dos etapas según su tiempo de exposición, de 0 a 72 horas y de 96 a 366 horas.

La primera etapa de 0 a 72 horas de exposición, nos determina valores mayores que la segunda etapa de 96 a 336 horas, lo que nos indica que los primeros 3 días de aplicación de temperatura son los que más daño producen al ligante asfáltico y que los posteriores días a este valor, va bajando porque la cara expuesta directamente al oxígeno ya se encontraría oxidado (filtro) y que el cuerpo por debajo de la superficie, demora un poco más en ser afectado u oxidado, determinando un valor de perdida de sus propiedades menores al de la muestra entre 0 a 72 horas.

A continuación, se muestra en representaciones gráficas la forma de la perdida de propiedad según ensayo, temperatura y tiempo de exposición al calor.

### Para temperatura de 100°C.

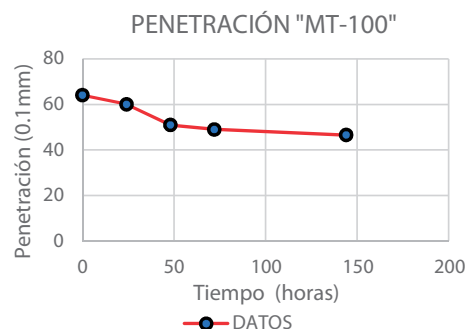
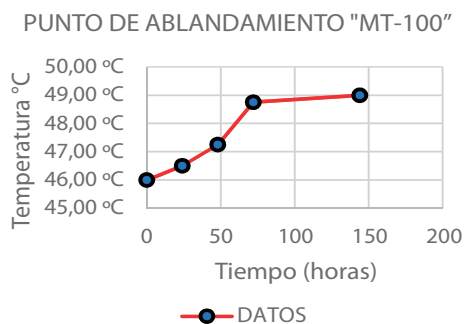
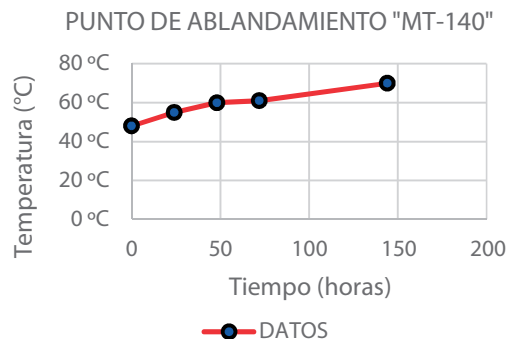


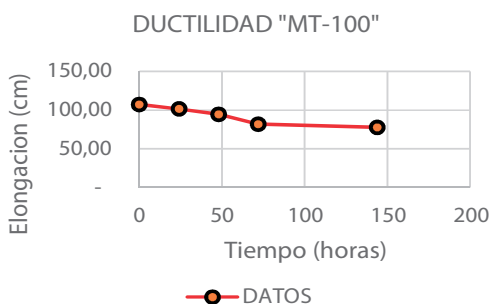
Fig. 1. Variación en ensayo de penetración a 100°C de calentado.



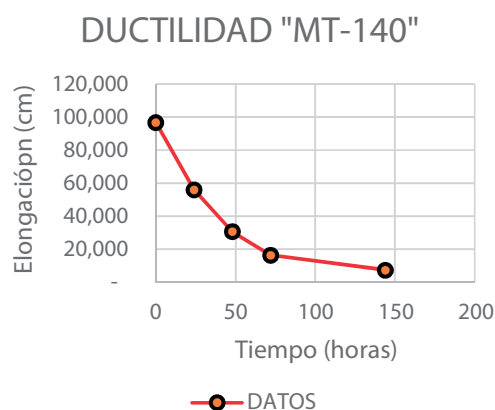
**Fig. 2.** Variación de propiedad en ensayo de Punto de Ablandamiento, 100°C de calentado.



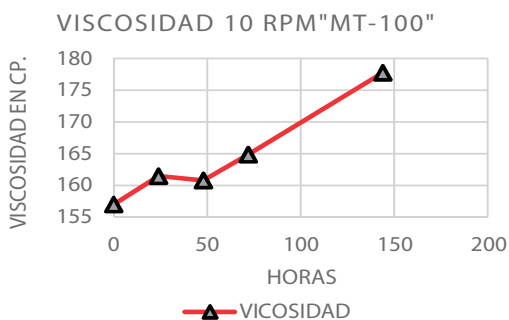
**Fig. 6.** Variación de propiedad en ensayo de Punto de Ablandamiento, 140°C de calentado.



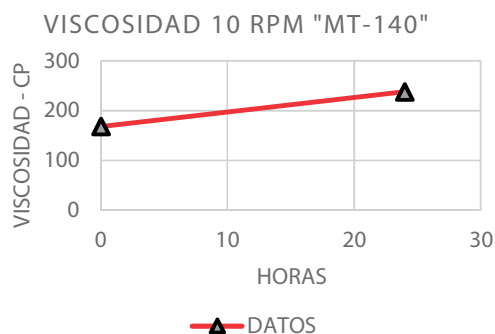
**Fig. 3.** Variación de propiedad en ensayo de Ductilidad, 100°C de calentado.



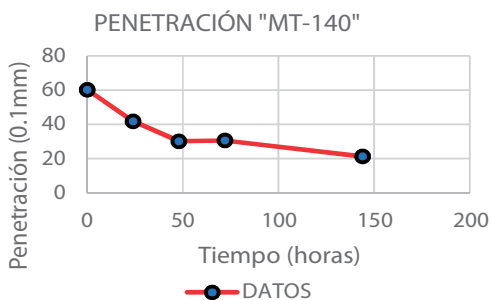
**Fig. 7.** Variación de propiedad en ensayo de Ductilidad, 140°C de calentado.



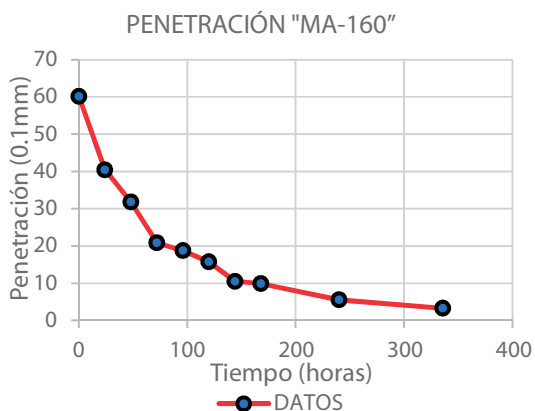
**Fig. 4.** Variación de propiedad en ensayo de viscosidad, 100°C – 10RPM



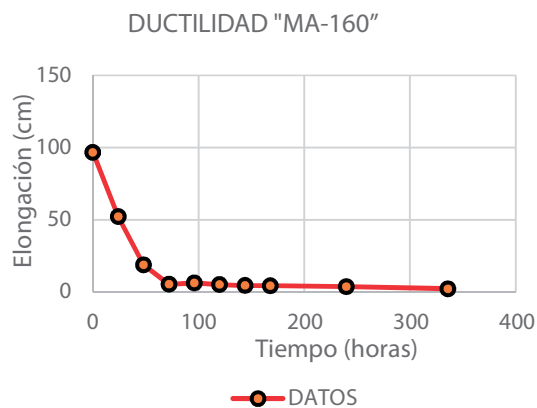
**Fig. 8.** Variación de propiedad en ensayo de viscosidad, 140°C – 10RPM



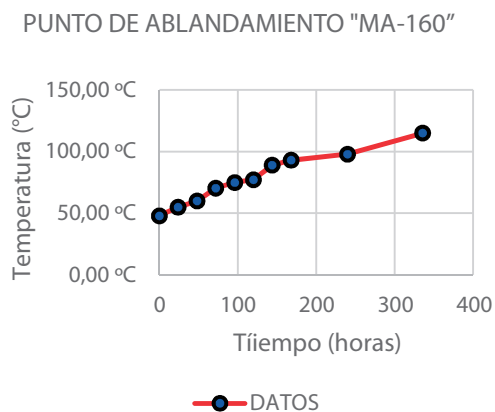
**Fig. 5.** Variaciones en ensayo de penetración a 140°C de calentado.



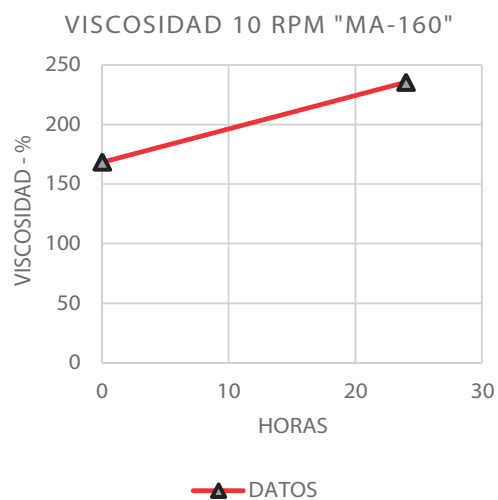
**Fig. 9.** Variación de propiedad en ensayo de penetración a 160°C de calentado.



**Fig. 11.** Variación de propiedad en ensayo de ductilidad, 160°C



**Fig. 10.** Variación de propiedad en ensayo de Punto de Ablandamiento, 160°C de calentado.



**Fig. 12.** Variación de propiedad en ensayo de viscosidad, 160°C – 10RPM

**CUADROS DE RESUMEN DE FACTORES POR TEMPERATURA Y ENSAYO**

Temperatura de calentado (°C)	Etapa	Penetración				Promedio 0-72 horas			72-336 horas		
		Código muestra	Código factor	Factor	Unidades	Código	Factor	Unidad	Código	Factor	Unidad
100	Transp.	MT-100	$\Delta P_{PT100}$	0.127	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P100(0-72)}$	0.208	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P100(96-336)}$	0.0349	x0.1 mm/Hr.
	Almac.	MA-100	$\Delta P_{PA100}$	0.0674	x0.1 mm/Hr.						
120	Transp.	MT-120	$\Delta P_{PT120}$	0.0683	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P120(0-72)}$	0.1129	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P120(96-336)}$	0.0787	x0.1 mm/Hr.
	Almac.	MA-120	$\Delta P_{PA120}$	0.0878	x0.1 mm/Hr.						
140	Transp.	MT-140	$\Delta P_{PT140}$	0.2718	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P140(0-72)}$	0.4411	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P140(0-72)}$	0.0787	x0.1 mm/Hr.
	Almac.	MA-140	$\Delta P_{PA140}$	0.1398	x0.1 mm/Hr.						
160	Transp.	MT-160				$\Delta P_{P160(0-72)}$	0.5461	x0.1 mm/Hr.	$\Delta P_{P160(96-336)}$	0.0664	x0.1 mm/Hr.
	Almac.	MA-160	$\Delta P_{PA160}$	0.1692	x0.1 mm/Hr.						

**Tabla 2.** Factores de corrección por ensayo de penetración.

Temperatura de calentado (°C)	Etapa	Penetración				Promedio 0-72 horas			72-336 horas		
		Código muestra	Código factor	Factor	Unidades	Código	Factor	Unidad	Código	Factor	Unidad
100	Transp.	MT-100	$\Delta P_{PAT100}$	0.0208	°C/Hr.	$\Delta P_{PA100(0-72)}$	0.0435	°C/Hr.	$\Delta P_{PA100(72-336)}$	0.0184	°C/Hr.
	Almac.	MA-100	$\Delta P_{PAA100}$	0.0238	°C/Hr.						
120	Transp.	MT-120	$\Delta P_{PAT120}$	0.0295	°C/Hr.	$\Delta P_{PA120(0-72)}$	0.0435	°C/Hr.	$\Delta P_{PA120(72-336)}$	0.0379	°C/Hr.
	Almac.	MA-120	$\Delta P_{PAA120}$	0.0417	°C/Hr.						
140	Transp.	MT-140	$\Delta P_{PAT140}$	0.153	°C/Hr.	$\Delta P_{PA140(0-72)}$	0.1493	°C/Hr.	$\Delta P_{PA140(72-336)}$	0.0862	°C/Hr.
	Almac.	MA-140	$\Delta P_{PAA140}$	0.0823	°C/Hr.						
160	Transp.	MT-160			°C/Hr.	$\Delta P_{PA160(0-72)}$	0.3125	°C/Hr.	$\Delta P_{PA160(96-336)}$	0.1686	°C/Hr.
	Almac.	MA-160	$\Delta P_{PAA160}$	0.199	°C/Hr.						

**Tabla 3.** Factores de corrección por ensayo de Punto de ablandamiento.

Temperatura de calentado (°C)	Etapa	Penetración				Promedio 0-72 horas			72-336 horas		
		Código muestra	Código factor	Factor	Unidades	Código	Factor	Unidad	Código	Factor	Unidad
100	Transp.	MT-100	$\Delta P_{DT100}$	0.2049	cm/Hr.	$\Delta P_{D100(0-72)}$	0.3572	cm/Hr.	$\Delta P_{D100(72-336)}$	0.1864	cm/Hr.
	Almac.	MA-100	$\Delta P_{DA100}$	0.235	cm/Hr.						
120	Transp.	MT-120	$\Delta P_{DT120}$	0.2013	cm/Hr.	$\Delta P_{D120(0-72)}$	0.372	cm/Hr.	$\Delta P_{D120(72-336)}$	0.2439	cm/Hr.
	Almac.	MA-120	$\Delta P_{DA120}$	0.271	cm/Hr.						
140	Transp.	MT-140	$\Delta P_{DT140}$	0.6206	cm/Hr.	$\Delta P_{D140(0-72)}$	1.1268	cm/Hr.	$\Delta P_{D140(72-336)}$	0.0429	cm/Hr.
	Almac.	MA-140	$\Delta P_{DA140}$	0.275	cm/Hr.						
160	Transp.	MT-160			cm/Hr.	$\Delta P_{D160(0-72)}$	1.269	cm/Hr.	$\Delta P_{D160(96-336)}$	0.012	cm/Hr.
	Almac.	MA-160	$\Delta P_{DA160}$	0.281	cm/Hr.						

**Tabla 4.** Factores de corrección por ensayo de Ductilidad.

Temperatura de calentado (°C)	RPM	Temp. ensayo	VISCOSIDAD BROOKFIELD				Promedio		
			Código muestra	Código factor	factor	Unidades	Código	Factor	Unidad
100	10	135	MT-100	$\Delta P_{VT100}$	0.1444	cP/Hr.	$\Delta P_{V100-10-135}$	0.125	cP/Hr.
			MA-100	$\Delta P_{VA100}$	0.1054	cP/Hr.			
100	30	150	MT-100	$\Delta P_{VT100}$	0.025	cP/Hr.	$\Delta P_{V100-30-150}$	0.065	cP/Hr.
			MA-100	$\Delta P_{VA100}$	0.1053	cP/Hr.			
100	60	175	MT-100	$\Delta P_{VT100}$	0.0159	cP/Hr.	$\Delta P_{V100-60-175}$	0.019	cP/Hr.
			MA-100	$\Delta P_{VA100}$	0.0214	cP/Hr.			
120	10	135	MT-120	$\Delta P_{VT120}$	0.2049	cP/Hr.	$\Delta P_{V120-10-135}$	0.333	cP/Hr.
			MA-120	$\Delta P_{VA120}$	0.4608	cP/Hr.			
120	30	150	MT-120	$\Delta P_{VT120}$	0.0889	cP/Hr.	$\Delta P_{V120-30-150}$	0.142	cP/Hr.
			MA-120	$\Delta P_{VA120}$	0.1946	cP/Hr.			
120	60	175	MT-120	$\Delta P_{VT120}$	0.0631	cP/Hr.	$\Delta P_{V120-60-175}$	0.057	cP/Hr.
			MA-120	$\Delta P_{VA120}$	0.0512	cP/Hr.			

**Tabla 5.** Factores de corrección por ensayo de Viscosidad a 10 RPM.

Temperatura de calentado (°C)	Penetración		Punto de ablandamiento		Ductilidad		Índice de penetración		Viscosidad			
	Código	Factor	Código	Factor	Código	Factor	Código	Factor	Código	Factor 10 RPM	Factor 30 RPM	Factor 60 RPM
100	FPP100	0.0541	FPPA100	0.0234	FPD100	0.2457	FPIP100	0.0035	FPV100	0.2792	0.0931	0.0237
120	FPP120	0.1043	FPPA120	0.0379	FPD120	0.2519	FPIP120	0.0034	FPV120	0.0237	0.1952	0.0576
140	FPP140	0.1156	FPPA140	0.1449	FPD140	0.1991	FPIP140	0.0118	FPV140	2.6313	1.4	0.4104
160	FPP160	0.1433	FPPA160	0.2457	FPD160	Polinómica	FPIP160	0.0119	FPV160	2.7958	1.4208	0.3542

**Tabla 6.** Factores por ensayo y temperatura. Resumen general

## CONCLUSIONES

Se utilizó el método comparativo de resultados de ensayos en su estado inicial vs estado de un tiempo y temperatura de exposición. Logrando verificar la diferencia de sus propiedades del cemento asfáltico tipo 60/70, determinando así un factor de pérdida de propiedades.

En las figuras se muestran gráficamente esa variación en función del tiempo y la temperatura.

En las tablas se presenta los factores de corrección y/o evaluación rápida de los cementos asfálticos sometidos a calentamientos prolongados, donde se podrá determinar si un asfalto sobrecalentado estará en condiciones de aplicación o no en la carpeta de rodadura según diseño.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kanabar, A., 2010. Physical and Chemical Aging Behavior of asphalt cements from two northern Ontario pavement trials. Kingston, Ontario, Canada: s.n.
- Vargas, X. A., Afanesjava, N., Marchal, M. A. P. & Choplin, L., 2008. Asphalt rheology evolution thermo-oxidation (aging) in a reactor. 87 ed. s.l.:Fuel.
- Ospino T. G., 2009. Aspectos generales del daño de formación por depositación de asfaltenos en yacimientos de petróleo. Universidad Nacional de Colombia. Escuela de Procesos y Energía. Medellín. Colombia.
- Swiertz D. 2010, Rheological implications and laboratory techniques, University of Wisconsin, Madison, United States of America.
- Cabrera E.R., et al. 2007, Aplicación de la norma ASTM D-2007 con adsorbentes no convencionales en el análisis de la composición química del asfalto envejecido. Facultad de ciencias naturales exactas y de la educación, facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.
- Robert N. Hunter R.N., et al. 2015. The Shell Bitumen Handbook. sixth edition ed. Londres. ICE Publishing.
- Romberg, J. W., et al, 1959. Some Chemical Aspects of the components of Asphalt. Journal of Chemical & Engineering Data 1959 4 (2), p.159-161
- Romberg, J.W., Traxler, R.N., 1947. Rheology of asphalt. J. Colloid Sci. 2, 33-47. doi:10.1016/0095-8522(47)90008-1
- Gobernador, 2012. Oxidación del asfalto. s.l. Club Ensayos.
- Coombs, C.E., Traxler, R.N., 1937. Rheological Properties of Asphalts IV Observations Concerning the Anomalous Flow Characteristics of Air-Blown Asphalts. J. Appl. Phys. 8, 291-296.
- Petersen, J., 2009. A Review of the Fundamentals of Asphalt Oxidation: chemical, physicochemical, physical property, and durability relationships. Transp. Res. E-Circular. Transport Res Board, 1.
- Van der Bergh, W., 2011. The Effect of Ageing on the Fatigue and Healing Properties of Bituminous Mortars. The Netherlands.
- Swiertz, D. (2010), Asphalt aging characteristics, rheological implications and laboratory techniques, University of Wisconsin - Madison.
- Read, J., and Whiteoak, D. (2003), The Shell Bitumen Handbook, Thomas Telford.
- Bell, A. (1989), "Summary report on the aging of asphalt aggregate systems," Transportation Research Board, 10, 1-121.
- Farcas, F. (1996), Etude d'une methode de simulation du vieillissement sur route des bitumes. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- Glover, C., et al (2005), Evaluate Non-Specification Properties for Performance Graded Asphalts Which May Affect Performance.

