

EXPERIENCIA NICARAGÜENSE EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFÁLTICO POR GRADO DE DESEMPEÑO (PG)- SUPERPAVE

Fecha de recepción: 16/05/13

Fecha de aprobación: 01/07/13

Ing. Sergio Junior Navarro Hudiel
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Nicaragua
sergio.navarro@norte.uni.edu.ni

Ing. Luis Loría Salazar
Coordinador General, Programa de Ingeniería del Transporte, LanammeUCR
San José, Costa Rica
luis.loriasalazar@ucr.ac.cr

Ing. Ricardo Arauz Bucardo
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Nicaragua
starauz@yahoo.com

RESUMEN

El propósito principal de esta investigación fue determinar el tipo de cemento asfáltico requerido por grado de desempeño, PG SUPERPAVE, para la red vial de Nicaragua. Para ello se determinó el grado de desempeño del cemento asfáltico tipo AC-30, típicamente empleado, así como análisis estadísticos de temperaturas altas e intermedias del aire para luego ser correlacionados con temperatura del pavimento y ser reflejados en mapas de grados de desempeño requerido para el cemento asfáltico del país. Se obtuvo un grado de desempeño de PG 64 - (25), el cual es apto para todo el país, ya que cumple con el rango de temperatura del pavimento representada en los mapas de zonificación de cemento asfáltico considerando las temperaturas altas e intermedias.

Palabras claves: SUPERPAVE, grado de desempeño, mapas de zonificación, grado PG, performance grade

ABSTRACT

The main purpose of this research was to determine the type of asphalt required for performance grade (Superpave PG) for Nicaragua's road network. According to that, the performance grade of asphalt cement type AC-30, typically used, was determined. Also, statistical analysis of high and intermediate air temperatures were conducted to be correlated with surface temperature and be reflected in maps of performance degrees required for asphalt cement in the country. A performance degree of PG 64 - (25) was obtained, which is appropriate for the whole country, because it meets the pavement temperature range represented in the zoning maps of asphalt cement considering the high and intermediate temperatures.

Key words: SUPERPAVE, performance grade, zoning maps.

INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia para el país, el encaminar esfuerzos hacia la incorporación de tecnologías modernas, que permitan la caracterización de materiales adecuados para las distintas zonas en las que se harán inversiones de proyectos viales, siendo fundamental la caracterización de los cementos asfálticos para garantizar un mejor desempeño de los mismos.

En la actualidad, el cemento asfáltico típicamente empleado en Nicaragua para los trabajos de construcción y mantenimiento de la red vial es el AC - 30, sin embargo, las únicas pruebas de selección del mismo sólo son penetración y viscosidad, que no dan ninguna referencia del grado de desempeño de la mezcla en campo.

El sistema de pavimentos superiores basados en desempeño (SUPERPAVE) combina la experiencia de campo y el conocimiento científico práctico para determinar el tipo de cemento asfáltico que debe de ser seleccionado, en función del desempeño que tendrá en relación con las condiciones de clima y tráfico existente.

En Nicaragua no existe una caracterización de los cementos asfálticos por su grado de desempeño asociado a las zonas con sus características climáticas, siendo Costa Rica (a nivel de Centroamérica) el único que ha generado experiencia en esta temática.

La utilización del cemento asfáltico tiende a incrementarse en la construcción de nuevas carreteras y en la conservación vial, ya que actualmente intervienen con el uso de: mezclas asfálticas bituminosas, emulsiones, sellos y tratamientos superficiales; por lo tanto es necesario conocer las características de los materiales requeridos, su clasificación y especificaciones técnicas asociadas a su uso, por ser de gran relevancia en el sector vial y por ende en el desarrollo económico del país.

MÉTODOS Y MATERIALES

Esta investigación es descriptiva y experimental, cuyo aporte fundamental dependió de los resultados de ensayos realizados en el laboratorio del LanammeUCR, Costa Rica. A una muestra del asfalto AC-30, utilizado cotidianamente en Nicaragua, se le realizaron pruebas en: Horno giratorio de película delgada - RTFO (Referencia AASTHO T240), Dispositivo de Envejecimiento a Presión - PAV (Referencia AASTHO TP5) y Reómetro Dinámico de Cortante (ASTM D4402). Las variables medidas fueron: temperatura, rigidez, tiempo de envejecimiento y grado de desempeño.

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizó una exhaustiva investigación bibliográfica, publicaciones y especificaciones técnicas desarrolladas y relacionadas con la clasificación del cemento asfáltico. Se abordó información técnica a partir de investigaciones realizadas en el país vecino de Costa Rica, por LanammeUCR y la evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Nicaragua realizada cada año por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), así como la obtención de datos de temperatura del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

Finalmente con los datos de temperatura registrados, cantidad de tránsito y características del cemento asfáltico obtenido en laboratorio se generaron mapas de zonificación del país que reflejan el tipo de PG requerido según las condiciones particulares de cada zona climática, cantidad y carga de tránsito.

RESULTADOS

Fase experimental realizada con base en los ensayos de laboratorio de la primera etapa de vida de servicio del pavimento. La muestra de asfalto AC - 30 ensayada a temperaturas altas, cumple con las condiciones $G^*/\text{sen}\delta$ sobre asfalto no envejecido > 1.00 kPa y $G^*/\text{sen}\delta$ sobre asfalto envejecido en RTFO > 2.20 kPa.

Con el ensayo RTFO se descartó la pérdida de masa mayor a 1%, por lo que no se produce pérdida de volátiles en la muestra; resultando aceptable el comportamiento del asfalto durante el proceso constructivo y los primeros dos años de servicio.

En lo que respecta al envejecimiento a largo plazo mediante el PAV, en el cual se simula el envejecimiento entre 7-10 años de servicio del pavimento y posterior evaluación en el Reómetro de Corte Dinámico (DSR), la muestra ensayada a temperaturas intermedias (19 °C-25 °C), cumple con la condición $G^*\text{sen}\delta$ asfalto envejecido en RTFO & PAV < 5 MPa.

El DSR, permite evaluar las propiedades visco elásticas del ligante y conocer el ángulo de fase y el módulo complejo. Se determinó el PG, empleando los datos de temperatura de ensayo entre 6 y 88 °C, el módulo complejo y el ángulo de fase obtenidos de los ensayos DSR, al asfalto original, al asfalto envejecido RTFO y al asfalto envejecido PAV. Estos resultados se muestran en las figuras 1, 2 y 3.

Figura 1. Estado original

DSR-Original		Criterio 1.0		$\text{Log}(G^*/\text{sen}\delta) = a + b \cdot T$	
Temp	$G^*/\text{sen}\delta$	-	$\text{Log}G^*/\text{sen}\delta$	Intercepto	3.8
°C	Kpa	-	Kpa	Pendiente	-0.1
64	1.71	-	0.23	$G^*/\text{sen}\delta$	1.0
70	0.76	-	-0.12	Temp, °C	68.0
76	0.36	-	-0.44	-	-

DSR-Original					
Temperatura °C	Diámetro del Plato (mm)	Strain. %	Módulo complejo de cortante G^* (Kpa)	Ángulo de fase δ	$G^*/\text{sen}\delta$ KPa
64	25	12	1.705	87.2	1.71
70	25	12	0.757	88.3	0.76
76	25	12	0.362	89.4	0.36

Original: Tmax
Temperature at which $G^*/\text{sen}\delta$

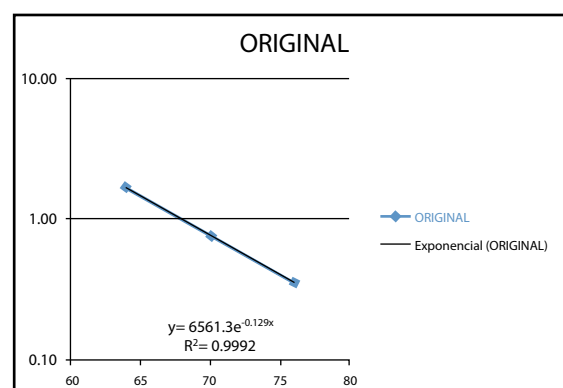
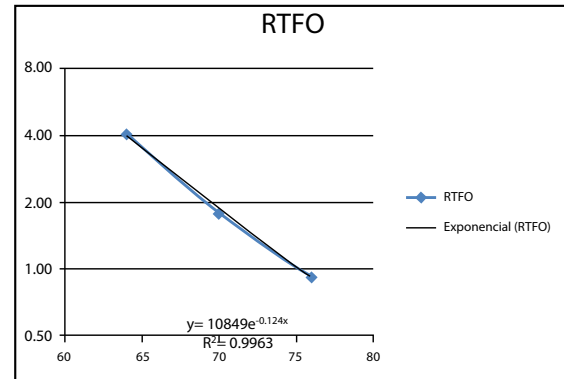


Figura 2. Asfalto envejecido a corto plazo (RTFO)

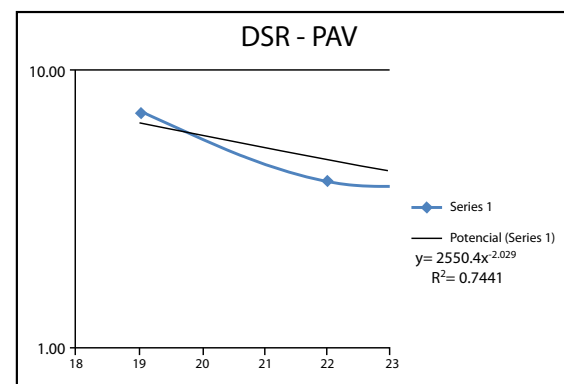
DSR-RTFO					
Temperatura °C	Diámetro del Plato (mm)	Strain. %	Módulo complejo de cortante G* (Kpa)	Ángulo de fase δ	G*/senδ KPa
64	25	10	4.038	84.6	4.06
70	25	10	1.781	86.4	1.78
76	25	10	0.918	87.5	0.92



DSR-RTFO		Criterio 2.2		Log (G*/senδ) = a + b•T	
Temp °C	G*/senδ Kpa	Ángulo de fase δ	LogG*/senδ Kpa	Intercepto	4.0
64	4.06	84.6	0.61	Pendiente	-0.1
70	1.78	86.4	0.25	G*/senδ	2.2
76	0.92	87.5	-0.04	Temp, °C	68.7
				δ = a + b•T	
				Intercepto	73.6
				Pendiente	0.18
				Ángulo, °	86.2

Figura 3. Asfalto envejecido a largo plazo (PAV)

DSR-PAV					
Temperatura °C	Diámetro del Plato (mm)	Strain. %	Módulo complejo de cortante G* (Kpa)	Ángulo de fase δ	G*/senδ KPa
19	8	1	10.710	40.6	6.96
22	8	1	5.906	41.5	3.91
25	8	1	5.856	43.5	4.03



DSR-PAV		Criterio 5.0		Log (G*/senδ) = a + b•T	
Temp °C	G*/senδ Mpa	-	LogG*/senδ Mpa	Intercepto	1.6
19	6.96	-	0.84	Pendiente	-0.040
22	3.91	-	0.59	G*/senδ	5.0
25	4.03	-	0.61	Temp, °C	21.5
				-	-

RTFOT: Tmax = 68.7 °C
 Temperatura para G*/senδ = 2.2 KPa
 RTFOT: Ángulo de fase = 86.2°
 Ángulo de fase para G*/senδ = 2.2 KPa

DSR-PAV: Temperatura intermedia = 21.5 °C
 Temperatura para G*/senδ = 5.0 MPa

Con base en los ensayos efectuados sobre la muestra asfáltica AC-30, resulta un PG de 68 – (22). Al realizar la comparación con las especificaciones SUPERPAVE el grado de desempeño de la muestra asfáltica, resulta de un PG 64 – (25), lo cual refleja

que el asfalto ensayado AC-30, soporta temperaturas máximas de 64 °C y hasta 25 °C para temperaturas intermedias, ya que en Nicaragua, no existen temperaturas bajas.

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

Para la realización de la zonificación climática se hizo necesario el uso de datos meteorológicos de 17 estaciones meteorológicas facilitados por INETER. Se determinó la temperatura máxima y mínima promedio. Conforme la metodología definida por SUPERPAVE, utilizando el complemento estadístico de Excel e InfoStat, se determinó el desvío estándar y la varianza de los datos de temperatura máximas e intermedias. Para la determinación de la temperatura del aire para el diseño se hizo uso de las tablas de distribución normal para un 98% de confianza, las cuales fueron obtenidas por datos de estaciones meteorológicas del INETER. Se establecieron los grados de desempeño de cementos asfálticos necesarios para cada estación meteorológica en análisis (Tabla 1).

Si se esperan niveles de tránsito especialmente altos, el diseñador deberá considerar la selección de un grado de aglutinante, más alto para la temperatura alta. La cantidad de Ejes Equivalentes de Cargas (Esal's) estimados para Nicaragua no superan los 21 millones de Esal's considerando periodos de diseño de 20 años.

En la figura 4 se muestra el mapa generado de la distribución de valores calculados de PG para temperaturas intermedias, el cual fue generado en combinación de los datos analizados, división política, red vial actual así como la topografía. Se obtuvieron tres zonas generales con valores de PG de: 28, 34, y 40 °C.

Tabla 1. PG requeridos por estación meteorológica.

ESTACIÓN	TEMPERATURA INTERMEDIA DEL PAVIMENTO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL PAVIMENTO (°C)	PG REQUERIDO
Managua	37.6	62.2	PG 64 - 34
Masatepe	38.1	58.1	PG 58 - 34
Corinto	40.0	62.0	PG 64 - 40
Nandaime	41.3	60.5	PG 64 - 40
Bluefields	39.6	61.6	PG 64 - 34
Puerto Cabezas	39.7	60.7	PG 64 - 34
San Carlos	40.1	61.0	PG 64 - 40
Chinandega	36.0	62.8	PG 64 - 34
Condega	33.7	61.5	PG 64 - 28
Jinotega	34.9	55.5	PG 58 - 34
Juigalpa	38.2	61.7	PG 64 - 34
León	38.2	62.4	PG 64 - 34
Masaya	39.7	59.4	PG 64 - 34
MuyMuy	37.3	62.2	PG 64 - 34
Ocotal	33.7	61.5	PG 64 - 28
San Isidro	35.2	60.1	PG 64 - 34
Rivas	42.5	58.8	PG 64 - 40

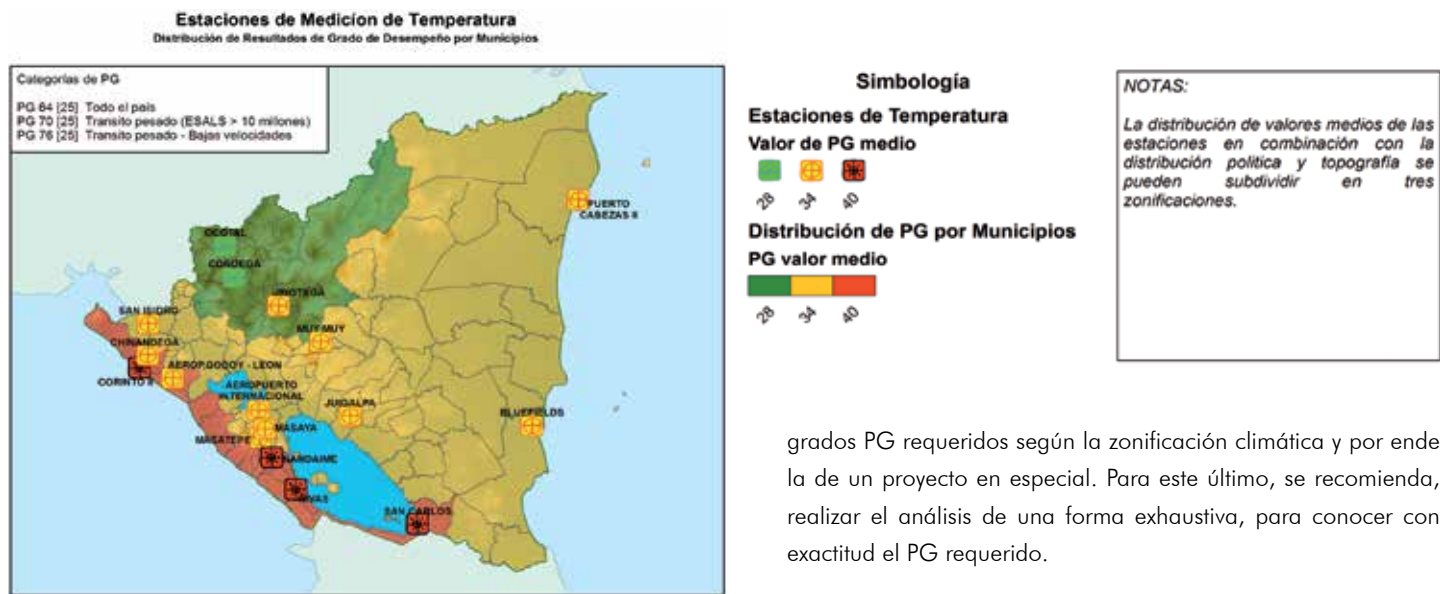
** Correlaciones temperatura del aire y pavimento realizadas por la ecuación
 $T = (T_{\text{aire máx}} - 0.00618 \text{ Lat}^2 + 0.2289 \text{ Lat} + 42.2) (0.9545) - 17.78$

CONCLUSIONES

Basado en los ensayos de laboratorio DSR, PAV, RTFO y especificaciones técnicas SUPERPAVE efectuadas a una muestra del asfalto AC-30, empleada típicamente en Nicaragua, es caracterizado con un grado de desempeño PG 64 – (25) lo que indica que soporta temperaturas máximas de 64 °C y hasta 25 °C para temperaturas intermedias, ya que en Nicaragua, no existen temperaturas bajas.

Los mapas de zonificación por grado de desempeño (PG), con temperaturas máximas e intermedias, requeridos en Nicaragua servirán de guía a diferentes actores e instituciones del país, en conocer de manera preliminar el grado PG de su proyecto y de esa manera, seleccionar el tipo de asfalto, que cumpla con las características deseadas a fin de evitar que ocurran deterioros prematuros tales como agrietamiento, fatiga o deformación permanente.

Figura 4. Distribución de grados de desempeño para temperaturas intermedias



Los datos de temperatura analizados a través de ecuaciones estadísticas y correlaciones internacionales por medio de la fórmula de SHRP, y otras variables consideradas por los autores, como: la división política, densidad de la red vial, topografía y aplicación de carga vehicular permite presentar, a nivel global, los

grados PG requeridos según la zonificación climática y por ende la de un proyecto en especial. Para este último, se recomienda, realizar el análisis de una forma exhaustiva, para conocer con exactitud el PG requerido.

Bajo las condiciones de temperatura del pavimento y carga de tránsito en Nicaragua, se encontró que la muestra del cemento asfáltico AC - 30 con grado de PG 64 – (25) cumple con los PG requeridos en el país, específicamente con la temperatura intermedia, ya que el asfalto ensayado soporta hasta 25 °C, por bajo de los 28, 34 y 40 °C requeridos según la zonificación climática.

REFERENCIAS

1. Corredor, D. G. (Febrero de 2010). Mezclas Asfálticas en Caliente. Curso de Pavimento. Managua: Maestría en Vías Terrestres. Universidad Nacional de Ingeniería.
2. Dixon, P. H. (2011). Ingeniería de Carreteras (Segunda ed.). México: LIMUSA WILEY.
3. E-asfalto. (2005). E-asfalto. Recuperado el Jueves de Octubre de 2011, de <http://www.e-asfalto.com/go/?SUPERPAVE/index.html>
4. Fonseca, A. M. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I. Colombia: Ediciones y Publicaciones Universidad Católica de Colombia.
5. Loria, D. L. (Septiembre de 2011). SUPERPAVE. Managua: Maestría en Vías Terrestres. Universidad Nacional de Ingeniería.
6. Ltda, E. A. (2005 de Julio de 2005). Especialidades Asfálticas BITUMIX CV Ltda. Recuperado el 8 de Noviembre de 2012, de Metodología SUPERPAVE para el diseño de mezclas asfálticas: <http://www.bitumixcv.cl/articulos/2005/julio/superpave.php>
7. Orozco, E. G. (2007). Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura Vial. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
8. SIECA, M. C. (2002). Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos. Guatemala: Secretaría de Integración Económica.
9. Zamudio, I. M. (Febrero de 2011). Monografía Aplicación y Revisión del Protocolo AMAAC 2008 mediante el análisis del estado del arte de las mezclas. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.