

Propiedades físicas, reológicas y mecánicas de un cemento asfáltico 80/100 modificado por vía húmeda con adición de corcho

Physical, rheological and mechanical properties of asphalt cement 80/100 modified by wet process added with cork

Daniella Rodríguez Urrego¹, Jessica Andrea Forero Bernal², Jhoys Piedad García Medina², María José Martínez Torres²,

¹ *Docente cátedra, Universidad La Gran Colombia, Colombia, drodriguezurrego@gmail.com*

² *Estudiantes de Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia, Colombia, jessicaandrea.forero@ulagrancolombia.edu.co, jhoyspiEDAD.garcia@ulagrancolombia.edu.co, mariajose.martinez@ulagrancolombia.edu.co*

Resumen – La investigación en asfaltos modificados se ha venido realizando aproximadamente hace 40 años, presentando una diversidad en materiales vírgenes y producto del reciclaje. Existen materiales como el caucho, poliestireno, polipropileno, entre otros, los cuales presentan resultados satisfactorios a nivel mecánico y reológicos. Este trabajo identifica la factibilidad de utilizar un material de origen vegetal con el fin de mejorar el rendimiento mecánico de una mezcla asfáltica densa al ser modificada por vía húmeda. El material utilizado es el corcho, el cual al ser modificado el cemento asfáltico 80/100 en porcentajes de 0.5% p/p con un incremento de 0.5 hasta un 2.5% p/p y de 2.5%, 5% y 10% p/p de corcho. La caracterización fisicoquímica y mecánica se realiza de acuerdo a las normas vigentes de los ensayos de penetración, ductilidad, punto de ablandamiento, y viscosidad rotacional, para conocer en qué proporción el corcho tiene un mejor comportamiento en la mezcla, así mismo se presenta la caracterización mecánica el cual emplea el método Marshall. Los resultados indican un mejor comportamiento mecánico y reológico respecto a una mezcla convencional.

Palabras clave – Corcho, mezcla asfáltica, asfalto modificado, propiedades físicas y reológicas, propiedades mecánicas, vía húmeda.

Abstract – Modified asphalts research has been conducted about 40 years ago, presenting a diversity in virgin materials and product recycling. Are materials such as rubber, polystyrene, polypropylene, etc., which have satisfactory mechanical and rheological results level. This work identifies the feasibility of using a plant-derived material in order to improve the mechanical performance of dense asphalt mix to be modified by wet process. The material used is cork, which when modified asphalt cement percentage 80/100 0.5% w / w with an increase of 0.5 to 2.5% w / w and 2.5%, 5% and 10% w / w cork. Mechanical and physicochemical characterization is made according to current standards of penetration tests, ductility, softening point, and rotational viscosity, to know by how much the cork has a better behavior in the mix, also presents mechanical characterization, which uses Marshall Method.

The results show a better mechanical and rheological behavior over a conventional mixture.

Keywords – Cork, asphalt mixtures, modified asphalt, physical and rheological properties, mechanical properties, wet process.

I. INTRODUCCIÓN

En un principio el cemento asfáltico convencional resistía a las condiciones del tránsito y del clima, pero hoy en día la vida útil de una estructura de pavimento no solo depende de esas condiciones, depende de variables como: la calidad de los materiales, las cargas de los ejes, los procesos constructivos, el diseño de las capas, a la mayor presión de inflado, a las mayores velocidades y especialmente la respuesta de los materiales ante estas variables [1]. Esto hace que se requieran para la elaboración de mezclas asfálticas, un ligante con mejores propiedades reológicas y mecánicas. Por consiguiente, el campo de la ingeniería civil se encuentra en la exploración de nuevas tecnologías encaminadas a minimizar el deterioro del medio ambiente y mejorar el desempeño de los materiales utilizados. Por tal razón hoy en día se investiga en la modificación de asfaltos, el cual, el objetivo es obtener beneficios tales como: aumentar la resistencia a la fatiga de las mezclas, aumentar la rigidez a altas temperaturas, mejorar la cohesión entre agregados y el cemento asfáltico, mejora la adición con los agregados pétreos, mejora la resistencia de las mezclas a la deformación permanente, disminuye la susceptibilidad térmica en el rango de temperatura de servicio, reduce la rigidez a bajas temperaturas previniendo la fisuración térmica así lo menciona MONTEJO FONSECA, Alfonso en la literatura Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías.

El corcho es un material vegetal, el cual está siendo investigado en la última década ya que provee cualidades

como: ligereza, elasticidad, compresibilidad, impermeabilidad, aislamiento, absorción acústica, alto coeficiente de rozamiento y durabilidad [2]. Las investigaciones sobre el corcho han sido indagadas en distintos ámbitos de la ingeniería, en el 2009, la Universidad de Beira Interior en Portugal, junto con el Instituto superior técnico de Lisboa (ICEMS) y la Unidad de tecnología del corcho del Instituto Nacional de ingeniería, Tecnología e investigación (INETI), desarrollaron un proyecto de Aglomerados de corcho como material central ideal estructuras ligeras *en* el cual su enfoque sintetizaba en optimizar las propiedades de aglomerados a base de corcho como material ideal de componentes de estructuras ligeras, como conclusión el rendimiento dependen especialmente del tamaño del corcho y su densidad, cabe destacar que también infiere que los aglomerados de corcho tienen un mejor comportamiento mecánico al tener una mejor resistencia a la compresión específica respecto a algunas espumas hechas a base de polímeros rígidos, el corcho por su estructura alveolar similar a la de un panal, tiene una fuerte influencia sobre las propiedades mecánicas de los materiales a base de corcho [3]. Así mismo al comparar el corcho con otros materiales, el corcho presenta un mejor límite de tensión de corte al núcleo, lo que reduce la propagación de grietas. Material eficiente por su capacidad de absorción de energía con un daño mínimo de su estructura, lo que resulta en mejores propiedades de resistencia al impacto cuando se espera que la carga de impacto durante su servicio sea alta. Otro estudio lo presenta la Universidad del Miño en Portugal, el cual presentan una investigación sobre el rendimiento mecánico de mezclas de asfalto producido con el corcho y granulados de caucho como sustitutos parciales del agregado, indicando como resultado que la mezcla del asfalto con corcho presenta excelentes resultados de resistencia a la rotura respecto a los otros materiales analizados en este trabajo investigativo; así mismo, en los resultados del test de pérdida de masa, la mezcla con corcho muestra un mejor comportamiento puesto que los especímenes utilizados tenían un menor contenido de vacíos de aire y mejoró las propiedades reológicas del asfalto aumentando su elasticidad ligante, su resistencia al deslizamiento entre otros, contribuyendo así a la disminución de la producción de ruido de los neumáticos en el pavimento en comparación con las otras mezclas analizadas [4]. Por otro lado el corcho y el asfalto tenían una mejor adherencia entre sus partículas debido a la estructura alveolar de las partículas del corcho, conclusiones a las que llegaron mediante laboratorios que determinarían las propiedades físicas y reológicas de las mezclas, y a nivel de su morfología mediante las imágenes del microscopio SEM y coinciden con las del anterior proyecto investigativo mencionado, donde relacionaban el buen comportamiento mecánico del corcho por su estructura celular y morfológica.

Con base a la información analizada investigativamente esta investigación comprende la utilización del corcho como material alternativo para modificar mezclas asfálticas por vía húmeda con el fin de aprovechar las propiedades que este residuo tiene, se analiza el comportamiento de las propiedades

físicas, reológicas y mecánicas de un cemento asfáltico 80/100 modificado por vía húmeda con corcho en porcentajes en porcentajes de 0.5% p/p con un incremento de 0.5 hasta un 2.5% p/p y de 2.5%, 5% y 10%p/p de corcho, para posteriormente comparar el comportamiento de las propiedades que presenta la mezcla asfáltica modificada con corcho frente a la mezcla asfáltica convencional.

II. METODOLOGÍA

El enfoque de investigación es de tipo cuantitativo porque se realizan procesos inductivos, es decir que se explora y recolecta información por medio de ensayos de laboratorio para determinar las propiedades del asfalto convencional y modificado, de este modo evaluar el comportamiento de la mezcla con adición de corcho y determinar cuál es el porcentaje óptimo, estableciendo las ventajas y desventajas de la mezcla asfáltica modificada en cada uno de los porcentajes seleccionados, haciendo uso de las herramientas necesarias para cuantificar, recolectar y analizar la información que dé respuesta a la pregunta de investigación.

La investigación es de tipo exploratoria porque no se encuentran investigaciones previas sobre mezclas asfálticas modificadas por vía húmeda con corcho, por lo que será necesario indagar, explorar y recolectar la información que sea necesaria, se debe ser cuidadoso con la información recolectada sobre el asfalto, las mezclas que se modifican con sus diferentes métodos, además de la información hallada sobre el corcho, con el fin de darle veracidad a la investigación y autenticidad a los resultados obtenidos de los ensayos correspondientes al proyecto. Variables dependientes: Penetración, Viscosidad rotacional, Punto de ablandamiento, Ductilidad, Marshall. Variables independientes: porcentajes de corcho utilizados (0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 5.0% y 10.0%).

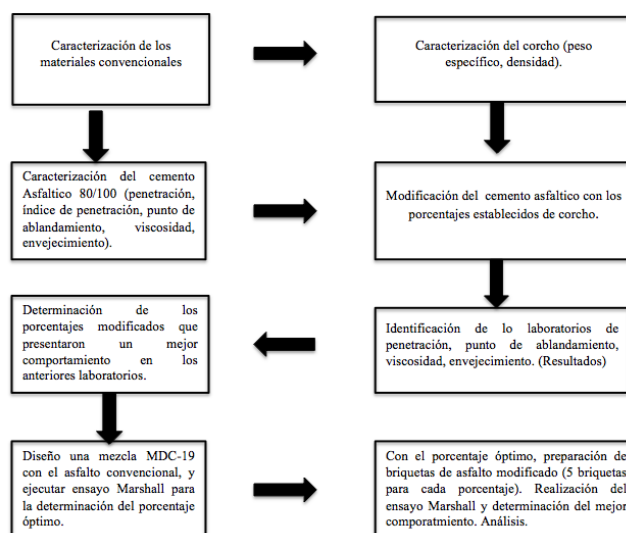


Fig 1. Metodología empleada

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Caracterización del cemento asfáltico convencional.

El cemento asfáltico empleado en la investigación proviene de la planta de la empresa INCOASFALTOS S.A., localizada en la zona rural del municipio de Mosquera y corresponde a un asfalto 80/100, haciendo la caracterización de este material con los diferentes laboratorios, se obtuvo lo siguiente:

TABLA I.
RESULTADOS ENSAYOS ASFALTO CONVENCIONAL

| ENSAYO | UNIDAD | NORMA DE ENSAYO INV | RESULTADO |
|---|--------|---------------------|-----------|
| Penetración (25°C, 100gr, 5s) | 0,1 mm | E-706 | 90 |
| Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola | °C | E-712 | 48 |
| Viscosidad a 100°C | cP | E-717 | 2600 |
| Ductilidad a 25°C | cm | E-702 | >150 |
| PERDIDA DE MASA EN EL HORNO DE LAMINA ASFALTICA DELGADA EN MOVIMIENTO (INV E-720) Y ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO | | | |
| Pérdida de masa | % | E-720 | 0,41 |
| Penetración del residuo luego del residuo de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento | % | E-706 | 62 |

Fuente: Autores.

B. Caracterización de la mezcla asfáltica modificada.

La modificación se realiza con corcho pasa tamiz 80, se identifica que para el asfalto modificado se obtiene un óptimo que se encuentra dentro del 0 y 5% puesto que dentro de este rango el material asfáltico no se rigidiza tanto y al compararlo con otros materiales los cuales han sido utilizado para la modificación de la asfalto como los polímeros se encuentra que estos también dan como resultado un aumento significativo en su rigidez; ante el ensayo de punto de ablandamiento se presenta un aumento a medida que se incrementa el contenido de corcho, observando un cemento asfáltico más rígido, esto hace que el asfalto modificado fluya a mayor temperatura. El asfalto modificado presenta una resistencia a fluir, superior con respecto al convencional, para todos los porcentajes analizados. El punto de ablandamiento para el asfalto convencional es de 48° y la mayor temperatura a la cual comienza a fluir el material se obtiene cuando se adiciona el 10% de corcho, el incremento del punto de ablandamiento en este contenido de corcho es de 43,75% en comparación con el asfalto convencional. La ductilidad se observa que para el asfalto convencional corresponde a 150 cm, al modificar el CA, con el 0,5%(CH) se obtiene una ductilidad de 68 cm es decir una reducción del (54.6%) con respecto al convencional. Al identificar la viscosidad a una temperatura de 100°C, se incrementa 7,5 Pa*s con un porcentaje de sustitución de 5% de corcho en relación con el asfalto sin modificar, sus viscosidades respectivamente fueron 10,10 Pa*s y 2,6 Pa*s. Así mismo, se observa que para una sustitución de 10% de corcho, la viscosidad es de 44,95 Pa*s aumentando respecto al asfalto convencional en un 42,35 Pa*s. Un asfalto con una viscosidad de 44,95 Pa*s como la de

10% de sustitución con corcho, tendría un bombeo más complicado de efectuar respecto a un asfalto con viscosidades menores como es el caso del asfalto convencional y hasta un 2% de sustitución de corcho como se observa en la Tabla II.

TABLA II.
RESULTADOS ENSAYOS MEZCLA ASFÁTICA MODIFICADA

| ENSAYO | UNIDAD | NORMA DE ENSAYO INV | 0,5% | 1,0% | 1,5% | 2,0% | 2,5% | 5,0% | 10,0% |
|---|--------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Penetración (25°C) | 0,1 mm | E-706 | 73 | 71 | 68 | 65 | 62 | 57 | 47 |
| Punto de ablandamiento con aparato de anillo y bola | °C | E-712 | 51 | 55 | 56,5 | 57 | 59 | 61 | 69 |
| Viscosidad a 100°C | cP | E-717 | 3500,0 | 4380,3 | 4400,0 | 5262,5 | 5787,5 | 10100,0 | 44950,0 |
| Ductilidad a 25°C | cm | E-702 | 68,0 | 50,0 | 42,0 | 33,1 | 23,3 | 15,6 | 11,5 |

Fuente: Autores.

C. Resultados mecánicos.

Como se observa en la figura 2, la densidad Bulk a medida en que aumenta el porcentaje de corcho la densidad disminuye, con respecto a los resultados del Marshall convencional se obtiene un aumento de 2,287 g/cm³ para el 0%, en cuanto al 0,5% de corcho se observa una disminución de 5,5% con una densidad Bulk de 2,162 g/cm³, para el caso del 1,0% de corcho este disminuye 5,0% con una densidad Bulk de 2,171 g/cm³, finalmente para el 1,5% de contenido de corcho se observa un aumento muy insignificante de 5,1% con un densidad Bulk de 2,170 g/cm³.

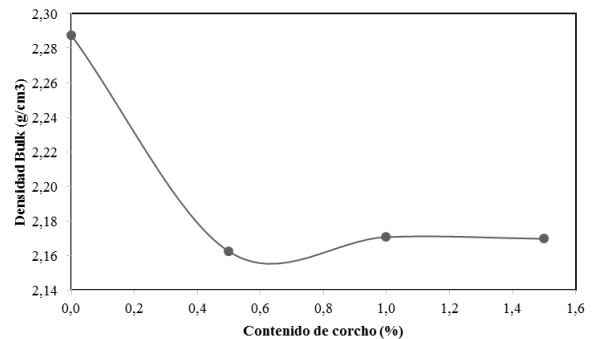


Fig 2. Densidad Bulk VS Contenido De Corcho

Para el Marshall convencional se obtienen vacíos de 4,15% como lo señala la gráfica 3, así mismo, a medida en que se incrementa el contenido de corcho al asfalto, éste tiene un aumento significativo y llega al punto de querer estabilizarse y mantener constante dichos vacíos, para el 0,5% de corcho se obtiene unos vacíos de 9,39% y se observa una diferencia porcentual de 5,24%, para el 1,0% de corcho la gráfica arroja vacíos de 9,03% y su diferencia porcentual baja a un valor insignificante de 4,88%, y para el 1,5% de corcho el valor de vacíos es de 9,08% con una diferencia porcentual de 4,93%.

La mezcla asfáltica modificada con corcho no cumple respecto a su relación de vacíos, pues el rango esta entre 4 y 6, y los modificados tienen valores superiores a este rango; lo anterior induce que los agregados no alcanzan a ser cubiertos

completamente con el asfalto y adición de corcho, aumentando los espacios entre la mezcla.

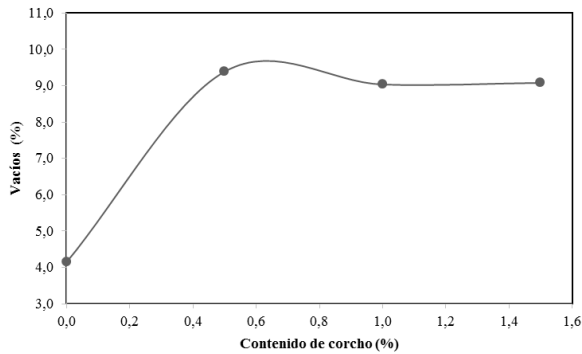


Fig. 3 Vacíos VS Contenido De Corcho

La mezcla asfáltica con un porcentaje óptimo de asfalto es de 5%, se presenta modificaciones con corcho en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% p/p. De acuerdo a las figuras 4 y 5 se observa para el porcentaje de 1.5% p/p una mayor estabilidad respecto a los otros porcentajes, y menor deformación para 1 % p/p.

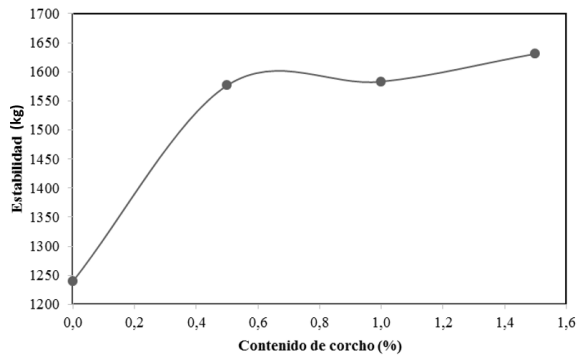


Fig. 4 Estabilidad VS Contenido De Corcho

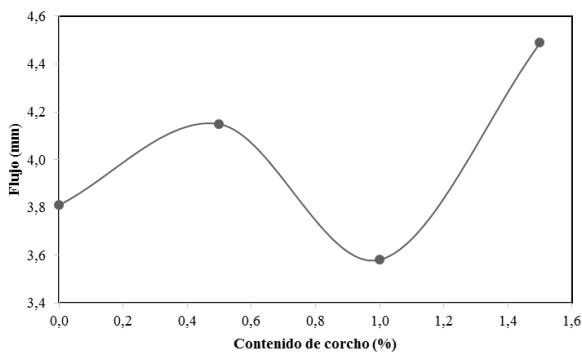


Fig. 5 Flujo VS Contenido De Corcho

En la Figura 6 se observa el comportamiento de la rigidez que presenta un asfalto modificado con corcho, para el

convencional se obtiene una rigidez de 325,36 kg/mm, con respecto a dicho convencional en el 0,5% se aprecia una rigidez de 388,24 kg/mm aumento está en 19,3%, para el porcentaje de corcho de 1,0% se observa una rigidez de 442,03 kg/mm generando un crecimiento muy importante de 35,9%, finalmente para el 1,5% se observa que la rigidez disminuye considerablemente con respecto a los porcentajes de corcho anteriores generando este porcentaje una rigidez de 367,75 kg/mm y una disminución de 13%.

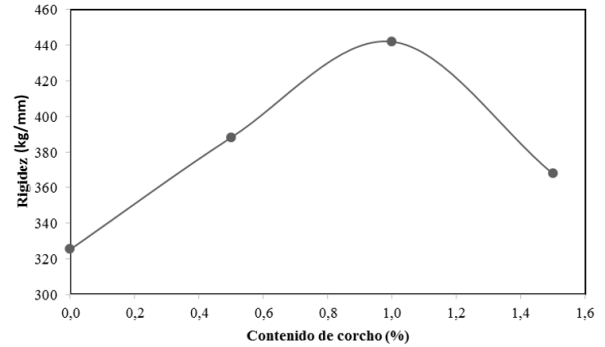


Fig. 6 Rigidez VS Contenido De Corcho

En la Tabla III, se puede observar que los valores de estabilidad están dentro del rango establecido en el artículo 450 de la norma del INVIAS, para los tres porcentajes de mezcla asfáltica modificada, como para el porcentaje óptimo de diseño los cuales se encuentran entre 918.36 kg y 3443.87 kg; así mismo el flujo está dentro de un rango entre 2 y 3,5 únicamente para el porcentaje de 1.0%, pues para 0.5% y 1.5% los valores sobrepasan el máximo permitido por la norma.

En cuanto a la rigidez, los tres porcentajes modificados y el óptimo de diseño se encuentran en el rango permitido, entre 306 kg/mm y 612 kg/mm, presentando un mayor valor el porcentaje de 1.0% de adición de corcho respecto al 0.5% y 1.0%.

TABLA III. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA NORMA INVIAS

| | Artículo 450 INVIAS | | Contenido de corcho [%] | | | |
|---|---------------------|---------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | mín | max | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
| Vacíos [%] | 4 | 6 | 4,15 | 9,39 | 9,03 | 9,08 |
| Estabilidad [kg] | 918,36 | 3443,87 | 1239,64 | 1576,50 | 1583,06 | 1631,04 |
| Flujo [mm] | 2 | 3,5 | 3,81 | 4,15 | 3,58 | 4,49 |
| E/F [kg/mm] | 306 | 612 | 325,36 | 388,24 | 442,03 | a |
| *Valores de referencia para tránsito NT3 (5.0x10 ⁶ ejes equivalentes de 80 kN) - (Artículo 100-14) | | | | | | |

IV. CONCLUSIONES

Al comparar las propiedades físicas y reológicas del asfalto convencional junto con el modificado con corcho, se observa que la penetración del asfalto modificado se redujo para el

0.5% de corcho en un 18% y para 10% de corcho en un 47.03% respecto al convencional; así mismo la ductilidad de las mezclas modificadas se reduce a medida que aumenta el contenido de corcho, lo que sugiere una rigidización significativa de las muestras asfálticas cuando se le adiciona corcho natural, lo que provocaría un fracturamiento de la capa asfáltica.

En cuanto al punto de ablandamiento y la viscosidad a 100°C se observa que aumentan los resultados de la mezcla asfáltica modificada respecto al asfalto convencional, lo que significa que entre mayor sea el contenido de corcho de la mezcla asfáltica, mayor será la temperatura que ésta necesita para empezar a fluir; por otra parte, con valores altos de viscosidad la mezcla será mucho más difícil de bombear en obra lo que impediría una integración completa entre agregados y asfalto, aumentando el número de vacíos y reduciendo la durabilidad del mismo.

La muestra modificada que presenta menor deformación fue el porcentaje de 1.0% de adición de corcho, con un flujo de 3.58 mm, mientras que el asfalto convencional tuvo 3.81 mm, y los porcentajes de 0.5% y 1.5% de adición de corcho obtuvieron una fluencia de 4.15 mm y 4.49 mm, valores de deformaciones reflejados en los valores fuera de rango de vacíos en las mezclas asfálticas.

Las mezclas asfálticas modificadas presentan un mejor comportamiento mecánico respecto al convencional, reflejando una mayor capacidad de soportar cargas de tránsito; sin embargo, los vacíos que presentan son valores fuera del rango permitido, ya que la durabilidad del pavimento está relacionada con la relación de vacíos, pues entre mayor sea este valor, más agua y aire pasara entre la muestra haciendo que se fracture en un menor tiempo y generando daños y fracturas en la estructura.

REFERENCIAS

- [1] MONTEJO FONSECO, Alfonso. Ingeniería de los pavimentos. Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006. p. 301
- [2] FERNANDEZ, Laureano. El corcho en la construcción. [pdf] [Citado 1 abr., 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/fm1mIk>
- [3] OSVALDO, José M Silva. et al. Cork agglomerates as an ideal core material in lightweight structures. En: Materials and Design. [En línea]. 2009, p.1-7. [Citado 11 septiembre, 2015]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306909002738>
- [4] PEREIRA, Simão M.S. et al. Mechanical performance of asphalt mixtures produced with cork or rubber granulates as aggregate partial substitutes. En: Construction and Building Materials. [En línea]. Abril, 2013 vol. 41. p. 209–215. [Citado 8 mayo, 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/wij4jj>
- [5] Instituto Nacional de Vías – INVÍAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Estudio e investigación del estado actual de las obras de la Red Nacional de Carreteras. [Citado 1 abr., 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/7drwev>.
- [6] FERNANDEZ, Laureano. El corcho en la construcción [PDF] [citado 1 abr., 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/fm1mIk>
- [7] GAMBOA, Jhon. Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas modificadas vs mezcla tradicional, Bucaramanga Colombia: Universidad

- Pontificia Bolivariana. [En línea]. 2012. vol. 4, [citado 28 mayo, 2015]. Disponible en: <http://apuntesdeinvestigacion.upbbga.edu.co/>
- [8] SAAE, Hened y VALDEZ, Janett. El corcho: Un material irremplazable. Revista investigación y ciencia de la UAA. p. 48-51. [pdf] [Citado 1 abr., 2015]. Disponible en: <http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista28/Articulo%208.pdf>
- [9] MARÍN HERNÁNDEZ, Alberto. Asfaltos modificados y pruebas de laboratorio para caracterizarlos. Trabajo de grado Ingeniero Civil. México, D.F. Instituto Politécnico Nacional. Facultad de Ingeniería Civil, 2004. 135 p.
- [10] ASECOR. Corcho, un producto natural. Propiedades del corcho. [Citado 1 abr., 2015]. Disponible en: <http://www.asecor.com/corcho.php?lang=es&sec=2>
- [11] RONDÓN, Hugo et al. Experiencias sobre el estudio de materiales alternativos para modificar asfaltos. En: Revista Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas. [En línea]. 2009. vol. 14 no.2, [citado 17 abr., 2015]. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/2376/3256>
- [12] ESTRADA, Juan. GONZALEZ, Alejandro. Mejoramiento de mezclas asfálticas drenantes utilizando como ligante el asfalto – caucho. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería Civil, 2002. 139p.