



Asfalto natural alternativa de mejoramiento, rehabilitación y construcción de la Infraestructura vial del Alto Magdalena Colombia

Alternative natural asphalt for improvement, rehabilitation and construction of the Alto Magdalena Colombia road infrastructure

Asfalto natural alternativo para melhoria, reabilitação e construção da infraestrutura viária do Alto Magdalena Colômbia

Leandro Alberto Velásquez-Salguero ^I
leandro.velasquez.s@uniminuto.edu
<https://orcid.org/0000-0003-3148-2834>

Hernán Montealegre-Monroy ^{II}
hernan.montealegre.m@uniminuto.edu
<https://orcid.org/0000-0003-3984-1862>

Lina Katheryn Parra-Rodríguez ^{III}
lina.parra.r@uniminuto.edu
<https://orcid.org/0000-0003-4140-6560>

Faver Eliecer Vera-Chila ^{IV}
faver.vera.c@uniminuto.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-0546-2517>

Correspondencia: leandro.velasquez.s@uniminuto.edu.

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 15 de febrero de 2020 ***Aceptado:** 28 de abril de 2020 *** Publicado:** 31 de mayo de 2020

- I. Programa de Ingeniería Civil, Universidad Minuto de Dios, Girardot, Colombia.
- II. Programa de Ingeniería Civil, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Girardot, Colombia.
- III. Programa de Ingeniería Civil, Universidad Minuto de Dios, Girardot, Colombia.
- IV. Programa de Ingeniería Civil, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Girardot, Colombia.

Resumen

El aumento acelerado de los deterioros en la malla vial del municipio de Girardot y poblaciones circunvecinas es notorio debido al incremento del parque automotor, a la falta de mantenimientos de la red vial que ha conllevado a un incremento de accidentalidad en los diversos actores viales. Teniendo en cuenta lo anterior y las condiciones socio económicas de los municipios de la región del Alto Magdalena se propone la implementación de nuevas prácticas constructivas e innovadoras, mediante la investigación aplicada del “ASFALTO NATURAL ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO, REHABILITACION Y CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL ALTO MAGDALENA COLOMBIA”, De acuerdo a esta alternativa aporta a la conservación del medio ambiente, mitigando el impacto ambiental, y adicionalmente, reduce significativamente los costos de inversión en proyectos de infraestructura vial.

Los estudios y ensayos de laboratorio realizados al material asfáltico natural después de procesos de tamizado y mejoramiento de sus propiedades físicas demuestran un buen comportamiento para la implementación en actividades de bacheos y demás procesos de rehabilitación vial; tanto ha sido su empleo en diversas zonas del país que el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) creó recientemente una especificación técnica para su instalación.

Palabras Claves: Rehabilitación; mejoramiento; asfalto; granulometría, tamizado; bacheo; asfaltita; cantera; patologías.

Abstract

The accelerated increase in the deterioration of the road network of the municipality of Girardot and surrounding towns is notable due to the increase in the number of vehicles, the lack of maintenance of the road network, which has led to an increase in accidents among the various road actors. Taking into account the above and the socio-economic conditions of the municipalities of the Alto Magdalena region, the implementation of new constructive and innovative practices is proposed, through the application research of the “ALTERNATIVE NATURAL ASPHALT OF IMPROVEMENT, REHABILITATION AND CONSTRUCTION OF ROAD INFRASTRUCTURE OF ALTO MAGDALENA COLOMBIA ”, According to this alternative, it contributes to the conservation of the environment, mitigating the environmental impact, and additionally, significantly reduces investment costs in road infrastructure projects.

The studies and laboratory tests carried out on the natural asphalt material after sieving processes and improvement of its physical properties demonstrate good performance for implementation in patching activities and other road rehabilitation processes; So much has been its use in various areas of the country that the National Highway Institute (INVIAS) recently created a technical specification for its installation.

Keywords: Rehabilitation; improvement; asphalt; grain size, sieving; patching asphaltite; quarry; pathologies.

Resumo

O aumento acelerado da deterioração da malha viária do município de Girardot e das cidades vizinhas é notável devido ao aumento do número de veículos, à falta de manutenção da malha viária, o que levou a um aumento de acidentes entre os diversos atores da estrada. Levando em consideração o exposto e as condições socioeconômicas dos municípios da região de Alto Magdalena, propõe-se a implementação de novas práticas construtivas e inovadoras, por meio da pesquisa de aplicação do “ASFALTO NATURAL ALTERNATIVO DE MELHORIA, REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE ESTRADAS DE ALTO MAGDALENA COLOMBIA ”, de acordo com essa alternativa, contribuí para a conservação do meio ambiente, mitigando o impacto ambiental e, além disso, reduz significativamente os custos de investimento em projetos de infraestrutura rodoviária.

Os estudos e testes de laboratório realizados no material asfáltico natural após processos de peneiração e melhoria de suas propriedades físicas demonstram bom desempenho para implementação em atividades de remendo e outros processos de reabilitação rodoviária; tanto tem sido seu uso em várias áreas do país que o Instituto Nacional de Rodovias (INVIAS) criou recentemente uma especificação técnica para sua instalação.

Palavras-Chave: Reabilitação; melhoria; asfalto; tamanho de grão, peneiração; remendo asphaltite; pedreira; patologias.

Introducción

El desarrollo económico de un país está ligado a la infraestructura vial, ya que esta logra unir los diferentes sectores productivos, al permitir el transporte, la comercialización de los productos y la

movilidad de pasajeros. Colombia, con el crecimiento del comercio internacional y la apertura de los tratados de libre comercio, debería orientar sus proyectos hacia el desarrollo de la infraestructura vial y, en específico, a mejorar la conectividad de la red principal con vías secundarias y terciarias.

La provincia del Alto Magdalena – Colombia, está conformada por los municipios de Agua de Dios, Nilo, Ricaurte, Jerusalén, Nariño, Tocaima, Guataquí y Girardot; en donde el municipio de Girardot representa la población más importante debido a ser la de mayor número de habitantes. En el municipio de Girardot y poblaciones circunvecinas se ha hecho notable en los últimos años el deficiente estado de la malla vial; esta situación se origina debido a las condiciones climáticas (temperatura y humedad), incremento del tránsito y a la insuficiente asignación de recursos de mantenimiento por parte de los entes gubernamentales.

A lo largo de más de cinco milenios los asfaltos naturales y derivados del petróleo han tenido usos importantes en el mundo, entre los cuales se destacan: impermeabilizantes, revestimiento de tuberías, construcción de pavimentos, lacas, barnices, baterías, llantas, entre otros. [1]

La construcción y conservación de la red terciaria y secundaria de la región del Alto Magdalena se encuentra en un alto grado de abandono dado al alto costo de inversión que se requiere para atender el mejoramiento del carretable en estructuras tradicionales de pavimento (pavimento rígido y pavimento flexible), esta circunstancia de alto costo en intervenciones de pavimentación impiden el desarrollo económico y de transitabilidad de comunidades productivas de la región generando afectación en su desarrollo y comercialización de productos. [2]

Esta situación del estado de la infraestructura vial se evidencia en el municipio de Girardot Cundinamarca el cual es un centro turístico de gran importancia para este departamento, y requiere de una mejoría en la malla vial, aspecto fundamental como carta de presentación del municipio. Además, este municipio es un gran centro de estudio para el departamento. No solo es importante la mejoría de la malla vial por aspectos estéticos y de seguridad, sino que también mejora el comercio en el sector del agro.

El pavimento comúnmente utilizado en la región es el de tipo flexible, pero su estructura sufre daños constantes y prematuros, debido a las condiciones climáticas (temperatura y humedad) y a los diseños tradicionales, basados en la mezcla entre agregados pétreos y asfaltos provenientes de la destilación del petróleo, los cuales constituyen intervenciones de alto costo. Por ello, se busca la implementación de otros materiales como el asfalto Natural, provenientes de fuentes naturales.

En Colombia hay dos Grandes grupos de Mezclas Asfálticas Naturales los cuales son: “Conglomerados Asfálticos Naturales” como Las Asfaltitas encontradas en la Mina San Pedro, en el departamento del Tolima y en la Mina Santa Teresa en el Departamento de Boyacá; y los “Morteros Asfálticos Naturales” como la MAPIA de las minas que existen en los departamentos de Caldas y Caquetá, entre otros. Estos dos materiales tienen contenidos de asfalto de buena calidad y su proporción al igual que la granulometría es variable, pero permiten mezclarse con otros agregados para lograr una eficiente fórmula de trabajo, aplicando la tecnología de las mezclas en frío o en caliente para asfaltos líquidos. [3].

En la fabricación de la mezcla asfáltica natural modificada existen un alto porcentaje de probabilidad de éxito dependiendo de las fórmulas de trabajo que se implementen y las dosificaciones de los materiales y polímeros, cera naturales como fue el caso de la investigación del Universidad Militar Nueva Granada (Colombia) por Luis Guillermo Fuentes Pumarejo** Universidad del Norte (Colombia) Oscar Hernando Moreno-Torres** Universidad del Magdalena (Colombia) donde se pudo establecer en el análisis de la investigación para asfaltos modificados mediante ceras naturales reducen la viscosidad de los asfaltos y por ende las temperaturas de fabricación y compactación de las mezclas, reduciendo significativamente el consumo de energía y la generación de gases de efecto invernadero. De otra parte, se estableció que las propiedades mecánicas y dinámicas estudiadas a las mezclas asfálticas con asfalto modificado con ceras, son similares a las mezclas convencionales, estableciendo la viabilidad para su aplicación y uso. [4]

En general, las mezclas asfálticas modificadas con alfalfa tienden a poseer un comportamiento rígido, A bajas temperaturas de servicios, esta mezcla puede tener un comportamiento frágil, lo que lleva a pensar que tendría un mejor desempeño en clima cálidos. Los valores de estabilidad y rigidez Marshall de las mezclas modificadas son mayores para cualquier porcentaje de CA y asfaltita, en comparación con la mezcla convencional. Los módulos de la mezcla modificada son superiores a aquellos alcanzados por las convencionales, y los mayores incrementos se obtienen cuando la temperatura del ensayo aumenta. Lo anterior permite prever que la asfaltita como modificador de asfaltos puede ser un material que mejore las características de rigidez y resistencia a las deformaciones permanentes de mezclas que sean utilizadas en clima cálido. [5].

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el presente año 2019 en la mina San Pedro en el Municipio de Armero Tolima con la recolección de muestras de material Asfalto natural (MAN) También conocida como Asfaltita donde se realizó ensayos de laboratorios para conocer sus propiedades físico mecánica y posteriormente realizar el análisis de resultados para concluir su eficiencia como material de rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial del alto Magdalena Colombia en cumplimiento de los requerimientos establecidos por la Normativa establecida por el Instituto nacional de vías - INVIAS.

Ahora bien, teniendo en cuenta lo anterior, y dada la necesidad de buscar y encontrar materiales medidas que reduzcan el impacto ambiental negativo, aprovechando la existencia de yacimientos en Colombia se ve la favorabilidad de utilizar el asfalto natural como una alternativa para mejorar algunas propiedades y comportamientos de las mezclas convencionales. Esto podría ser de gran soporte en las zonas del territorio nacional donde la extracción de la asfaltita es amplia, generando mejor accesibilidad de las poblaciones a los cascos urbanos de los municipios, ampliando de este modo su desarrollo económico y generando empleo en el sitio. [3]

Los ensayos realizados corresponden a: Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino. Norma INV E-213-13, la resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½) por medio de la máquina de los ángeles (Desgaste) INV E -218, INV E -220, la determinación del límite líquido de los suelos – limite plástico e índice de plasticidad de los suelos INV E -125-126, equivalente de arena de suelo y de agregados finos INV E -133, el porcentaje de partículas fracturadas en un agregado grueso INV E -227, el índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados para carreteras INV E -230.

- *Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino. Norma INV E-213-13.* Mediante este ensayo se determina cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura de malla.
- *Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½") por medio de la máquina de los ángeles. Norma INV E218-13.* El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada maquina con carga abrasiva.

- *Limite Líquido e Índice de plasticidad. Norma INV E-125 y 126-13.* Limite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico. El límite plástico permite la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo, y el cálculo del índice de plasticidad si se conoce el límite líquido del mismo suelo.
- *Equivalente de Arena suelos y agregados finos. Norma INV E-133-13.* Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo. Asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y carácter del material arcilloso o similar, presente en una muestra de suelo o de agregado fino. Este método de ensayo permite determinar rápidamente en el campo, variaciones de calidad de los agregados durante su producción o colocación.
- *Proporción de Partículas Planas, Alargadas o Planas y Alargadas en agregados gruesos. Norma INV E-240-13.* Este ensayo tiene por objeto determinar el porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas, en un agregado grueso.
- *Porcentaje de Partículas Fracturadas de un agregado grueso. Norma INV E-227-13.* Este ensayo tiene por objeto determinar el porcentaje, en masa o por conteo, de partículas de un agregado grueso que tienen un número especificado de caras fracturadas.

Resultados

De acuerdo a los ensayos realizados a la MAN se realizó un análisis comparativo con los parámetros establecidos en el Artículo 442P-17 de la Norma INVIAS 2017; determinando su grado de cumplimiento a la especificación publicada por el Instituto Nacional de Vías - INVIAS

Tabla 1: Requisitos de los agregados pétreos combinados para la construcción de capas asfálticas con una mezcla asfáltica natural. (TABLA 442P-3) NORMA INV - ART. 442P - 17

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INVIAS	REQUISITO NT1	RESULTADOS	CUMPLE	NO CUMPLE
COMPOSICION					
Granulometría	E-213-13	Tabla 442P-2	MAN-38		X
			MAN-25		X
			MAN-19		X
DUREZA, AGREGADO GRUESO (O)					
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)					
-Capa de rodadura	E-218-13	25	38,2 %		X
LIMPIEZA, GRADACIÓN COMBINADA (F)					
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125-13 y E-126-13	7	NP	X	
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133-13	50	66%	X	
GEOMETRIA DE LAS PARTICULAS, AGREGADO GRUESO (F)					
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240-13	10	0.0%	X	
Caras fracturadas, mínimo (%)					
Una cara: rodadura	E-227-13	75	29,24%		X

Discusión

El asfalto natural proveniente de la mina san pedro – municipio de Armero – Tolima; como material de investigación y técnica innovadora en la reposición de capas de rodadura, fue sometido a ensayos de laboratorios con el ánimo de conocer el grado de cumplimiento de los parámetros establecidos en el Artículo 442P-17 de la norma INVIAS; de acuerdo a los resultados obtenidos se evidencio que en el análisis granulométrico de la muestra obtenida no cumple con lo establecido en la norma E-213-13, lo anterior debido a presentar material de sobre tamaños que afecta la curva granulométrica (Análisis granulométrico).

Por otra parte, según el porcentaje de caras fracturadas y durabilidad (Desgaste en Máquina de los ángeles) agregado grueso, los porcentajes de caras fracturadas no cumplen debido a que el origen no es por procesos de fracturación o trituración sino agregados procedentes de manera natural, los valores de desgaste también no cumplen con los datos establecidos en la normatividad.

Según la investigación realizada la mezcla de asfalto natural proveniente de la mina San Pedro en su estado inicial extraído de la cantera a cielo abierto, se determinó que no cumple con los criterios de diseño de mezclas que plantea la especificación particular del INVIAS, Artículo 442P-17, “Mezcla asfáltica natural”, como alternativas de pavimentación utilizando Asfalto Natural en vías con bajos volúmenes de tránsito, categoría NT1. Pero existe la posibilidad de ajustar sus componentes estructurales para mejorar condiciones mecánicas, mediante la adición de un agregado de aporte o ligante asfáltico es decir se debe de crear fórmulas de trabajo del MAN para su empleo en vías de bajo volúmenes de tránsito.

Conclusión

De acuerdo a las especificaciones técnicas del INVIAS para las Mezclas Asfálticas Naturales (MAN) INVIAS Art.442P17, es importante resaltar que se puede emplear tal como es extraída de la mina siempre y cuando cumpla con todos los requerimientos exigidos en esta norma.

En caso de que la MAN no cumpla con los requerimientos exigidos en la norma INVIAS, como se presenta según los resultados de laboratorio obtenidos a la mezcla asfáltica natural empleada; lo recomendable es evaluar alguna opción de mejoramiento como lo es MAN con adición de agregado de aporte o MAN con agregado de aporte y una emulsión asfáltica.

Basados en lo anteriormente descrito y los resultados obtenidos en laboratorio para la funcionalidad de la MAN procedente de la mina San Pedro se debe controlar los sobre tamaños de partículas extraídas naturalmente, de igual forma emplear materiales pétreos producto de procesos de trituración para mejorar porcentajes de caras fracturadas del agregado grueso y durabilidad. Es decir, se debe optimizar el material de asfalto natural mediante una fórmula de trabajo.

Teniendo en cuenta los resultados del índice de plasticidad máximo cumple con la especificación descrita en la norma INVIAS; por tal motivo es viable el mejoramiento con agregados de aporte de la mezcla asfáltica natural con el fin de obtener una densidad admisible en su instalación.

Finalmente, el equivalente de arena mínimo está dentro de los parámetros cumpliendo las especificaciones técnicas que garantizan su resistencia y durabilidad para implementarla en vías terciarias y secundarias en la región de estudio y del país.

Referencias

1. L. F. Alarcón Peña, «Uso de la asfáltita para pavimentos en vías terciarias en Boyacá y Cundinamarca en la República de Colombia. Monografía,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2014.
2. Alex E. Alvarez a, Evelyn Ovalles a, María C. Rodríguez a, Andrés F. Rodríguez a, Pablo J. Castillo a, Julia C., «Calidad de adhesión y propiedades reológicas de asfaltos residuales,» DYNA, pp. pp. 357-366, Abril - Junio 2019.
3. Y. D. Sánchez Torres, UTILIZACIÓN DE ASFALTO NATURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS EN COLOMBIA: UNA RECOPIACIÓN BIBLIOGRÀFICA, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2018.
4. O. j. Oscar Javier Reyes Ortíz, L. G. Luis Guillermo Fuentes Pumarejo y O. H. Oscar Hernando Moreno-Torres, «Comportamiento de mezclas asfálticas fabricadas con asfaltos modificados con ceras,» ingenierías y desarrollo, pp. Vol. 31 n.º 1: 161-178., Enero-junio, 2013.
5. H. A. Rondón Quintana, «Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con asfáltita,» sección técnica, pp. pp. 12-19., 2 de febrero del 2012.
6. H. A. F. A. Rondón, «Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con asfáltita,» Revista de Ingeniería, pp. 36, 12-19, 2012.
7. R. A. J. Carolina, O. J. Reyes Ortiz y L. Á. Moreno Anselm, «Evaluación del comportamiento mecánico de asfalto natural a partir de muestras a temperatura ambiente provenientes de Caquetá, Colombia,» Rev. Investig. Desarro. Innov. Vol. 6., p. 146, 2 Enero - Junio 2016.

8. I. N. d. V. INVÍAS, «Especificaciones Técnicas,» INVÍAS, 2013.
9. A. Álvarez, E. Ovalles, A. Rodríguez, p. Castillo y j. Rivas, «Calidad de adhesión y propiedades reológicas de asfaltos residuales no modificados y nano - modificado obtenidos de crudos pesados de pavimnetacion,» Dyna , pp. , pp. 357-366, 2019.

References

1. L. F. Alarcón Peña, «Use of asphalt for pavements in tertiary roads in Boyacá and Cundinamarca in the Republic of Colombia. Monograph, »New Granada Military University, Bogotá, 2014
2. Alex E. Alvarez a, Evelyn Ovalles a, María C. Rodríguez a, Andrés F. Rodríguez a, Pablo J. Castillo a, Julia C., «Quality of adhesion and rheological properties of residual asphalts, » DYNA, pp. pp. 357-366, April - June 2019
3. Y. D. Sánchez Torres, USE OF NATURAL ASPHALT IN THE CONSTRUCTION OF PAVEMENTS IN COLOMBIA: A BIBLIOGRAPHIC COMPILATION, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2018.
4. O. j. Oscar Javier Reyes Ortíz, L. G. Luis Guillermo Fuentes Pumarejo and O. H. Oscar Hernando Moreno-Torres, «Behavior of asphalt mixtures made with wax-modified asphalts,» engineering and development, pp. Vol. 31 No. 1: 161-178 ,, January-June, 2013.
5. H. A. Rondón Quintana, «Evaluation of the mechanical properties of a dense hot mix modified with asphaltite, » technical section, pp. pp. 12-19., February 2, 2012.
6. H. A. F. A. Rondón, "Evaluation of the mechanical properties of a dense hot mix modified with asphaltite," Revista de Ingeniería, pp. 36, 12-19, 2012.
7. R. A. J. Carolina, O. J. Reyes Ortiz and L. Á. Moreno Anselm, «Evaluation of the mechanical behavior of natural asphalt from samples at room temperature from Caquetá, Colombia,» Rev. Investig. Development. Innov. Vol. 6, p. 146, January 2 - June 2016.
8. I. N. d. V. INVÍAS, «Technical Specifications, » INVÍAS, 2013.

9. A. Álvarez, E. Ovalles, A. Rodríguez, p. Castillo and j. Rivas, "Adhesion quality and rheological properties of unmodified and nano-modified residual asphalts obtained from heavy paving crude," *Dyna*, pp. , pp. 357-366, 2019.

Referências

1. L. F. Alarcón Peña, «Uso de asfalto para pavimentos em estradas terciárias em Boyacá e Cundinamarca na República da Colômbia. Monografia, »Nova Universidade Militar de Granada, Bogotá, 2014.
2. Alex E. Alvarez, Evelyn Ovalles, María C. Rodríguez, Andrés F. Rodríguez, Pablo J. Castillo, Julia C., "Qualidade da adesão e propriedades reológicas dos asfaltos residuais", *DYNA*, pp. pp. 357-366, abril - junho 2019.
3. Y. D. Sánchez Torres, USO DE ASFALTO NATURAL NA CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS NA COLÔMBIA: UMA COMPILAÇÃO BIBLIOGRÁFICA, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2018
4. O. j. Oscar Javier Reyes Ortiz, L. G. Luis Guillermo Fuentes Pumarejo e O. H. Oscar Hernando Moreno-Torres, «Comportamento de misturas de asfalto feitas com asfalto modificado por cera», *engenharia e desenvolvimento*, pp. Vol. 31 No. 1: 161-178, janeiro-junho de 2013.
5. H. A. Rondón Quintana, «Avaliação das propriedades mecânicas de uma mistura quente densa modificada com asfaltita», *seção técnica*, pp. pp. 12-19. 2 de fevereiro de 2012.
6. H. A. F. A. Rondón, "Avaliação das propriedades mecânicas de uma mistura quente densa modificada com asfaltita", *Revista de Ingeniería*, pp. 36, 12-19, 2012.
7. R. A. J. Carolina, O. J. Reyes Ortiz e L. Á. Moreno Anselm, «Avaliação do comportamento mecânico do asfalto natural de amostras à temperatura ambiente de Caquetá, Colômbia», *Rev. Investig. Desenvolvimento. Innov.* Vol. 6, p. 146, 2 de janeiro a junho de 2016.
8. I. N. d. V. INVÍAS, «Especificações Técnicas», INVÍAS, 2013.
9. A. Álvarez, E. Ovalles, A. Rodríguez, p. Castillo e j. Rivas, "Qualidade da adesão e propriedades reológicas de asfaltos residuais não modificados e nano-modificados obtidos a partir de pavimentos pesados", *Dyna*, pp., pp. 357-366, 2019.

©2020 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia
Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).