

**Diseño de una mezcla asfáltica tibia con aceite crudo de palma.****Design of a warm asphalt mix with crude palm oil.****Projeto de uma mistura de asfalto quente com óleo de palma bruto.****Usquiano Tantalean Ivan Alberto <sup>1</sup>, Villarreal Guimarey Juan Felipe Broth <sup>1</sup>.****Resumen**

El objetivo de la investigación fue diseñar una mezcla asfáltica tibia (MAT) a partir de aceite crudo de palma (ACP) que cumpla con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles contemplados en la norma EG 2013. La investigación fue de tipo experimental. Se utilizó el aceite crudo de palma añadido a la mezcla asfáltica en tibio, reduciendo el porcentaje óptimo de asfalto. Durante la realización de las 99 briquetas de asfalto, se añadió ACP en porcentajes de 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5, respectivamente, a una temperatura de 135° para los tipos de tránsitos estudiados (liviano, medio y pesado). El porcentaje óptimo de aceite crudo de palma (ACP) para estos tres tipos fueron: 1.0 % para tránsito liviano y medio y 0.5 % para tránsito pesado. Los porcentajes obtenidos son del Tipo "A" de ACP (ACP industrial), por lo que se deduce que el tipo de ACP para emplearse en una MAT es del tipo industrial. Por consiguiente, se propone realizar investigaciones en tramos de prueba para que se evalúe el comportamiento de la carpeta asfáltica en tibio con el nuevo diseño con ACP.

**Palabras claves:** *Aceite crudo de palma, estabilidad de pavimentos, flujo, mezcla de asfalto en tibio, norma EG 2013.*

**Abstract**

The objective of the research was to design a warm asphalt mixture (MAT) from crude palm oil (ACP) that meets the stability and flow requirements for flexible pavements contemplated in the EG 2013 standard. The research was experimental. The crude palm oil added to the asphalt mixture in warm was used, reducing the optimum percentage of asphalt. During the realization of the 99 asphalt briquettes, ACP was added in percentages of 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5 respectively, at a temperature of 135 ° for the studied types of transits (light, medium and heavy). The optimum percentage of crude palm oil (ACP) for these three types were: 1.0 % for light and medium traffic and 0.5 % for heavy traffic. The percentages obtained are of Type "A" of ACP (industrial ACP), reason why it is deduced that the type of ACP to be used in a MAT is of the industrial type. Therefore, it is proposed to carry out investigations in test sections to evaluate the behavior of the asphalt binder in warm with the new design with ACP.

**Keywords:** *Crude palm oil, pavement stability, flow, warm asphalt mix, estándar EG 2013.*

**Resumo**

O objetivo da pesquisa foi projetar uma mistura de asfalto morna (MAT) a partir de óleo de palma bruto (ACP) que atenda aos requisitos de estabilidade e fluxo para pavimentos flexíveis contemplados no padrão EG 2013. A pesquisa foi experimental. O óleo cru de palma adicionado à mistura asfáltica em quente foi utilizado reduzindo a porcentagem ótima de asfalto. Durante a realização dos briquetes 99 asfalto, ACP foi adicionado em porcentagens de 0,5, 1, 1,5, 2 e 2,5, respectivamente, a uma temperatura de 135 ° para tipos de trânsito estudado (leve, médio e pesado). A porcentagem ótima de óleo de palma bruto (ACP) para estes tres tipos foi: 1,0 % para tráfego leve e médio e 0,5 % para tráfego pesado. As porcentagens obtidas são do tipo "A" de ACP (ACP industrial), pelo que se deduz que o tipo de ACP a ser utilizado em um MAT é do tipo industrial. Portanto, propõe-se realizar investigações em seções de teste para avaliar o comportamento do aglutinante de asfalto em quente com o novo design com ACP.

**Palavras-chave:** *Óleo de palma cru, estabilidade do pavimento, fluxo, mistura de asfalto em quente, padrão EG 2013.*

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Bachiller. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. Perú.  
[Juan\\_fb2@hotmail.com](mailto:Juan_fb2@hotmail.com).

Recibido: 06/12/2017

Aceptado: 03/05/2018

## Introducción

La producción de mezclas asfálticas tiene impacto en la emisión de gases que producen el efecto invernadero, por lo que surge la necesidad de tomar medidas que permitan el desarrollo de nuevas alternativas de producción. En Lambayeque no hay uso de esta nueva tecnología, por lo tanto, esta investigación estudió el aporte de una mezcla asfáltica añadiendo aceite crudo de palma (ACP) con la que se obtienen las mismas propiedades de las mezclas asfálticas convencionales

En esta investigación, se modificó el asfalto en caliente convencional adicionándole ACP y disminuyendo la temperatura, ya que esta mezcla asfáltica tibia tiende a que su gradiente de enfriamiento sea menor a la mezcla asfáltica caliente, es decir que, la primera presenta menor diferencia con la temperatura ambiente, generando la posibilidad de transportarla a lo largo de mayores distancias y contar con un periodo de tiempo más amplio para el proceso de instalación, y su compactación sea más trabajable para determinar la estabilidad y flujo con porcentajes añadidos de ACP a la mezcla asfáltica (que ayuda a disminuir la cantidad añadida normalmente del PEN 60 derivado del petróleo siendo un producto más ecológico) y verificar el cumplimiento de las propiedades mencionadas para el asfalto en caliente convencional, según el reglamento EG-2013.

Existen estudios acerca de aditivos orgánicos que han tenido resultados satisfactorios en la elaboración de mezclas asfálticas tibias. Como la investigación de Lopera, C. (2011) que señala que: “Las carreteras son esenciales para el bienestar de la humanidad, tanto en términos sociales como económicos, pero es innegable que su construcción, mantenimiento y uso tienen un impacto negativo en el ambiente”. Además, que su producción está sujeta a estrictas regulaciones de emisiones de gases por parte de los entes reguladores y han llevado a desarrollar nuevas técnicas para la producción de mezclas de asfalto tibio (WMA, Warm Mix Asphalt) buscando reducir las altas temperaturas utilizadas en la producción de las mezclas en caliente (HMA, Hot Mix Asphalt). En su investigación estudia la innovadora utilización de mezclas asfálticas en "tibio" buscando reducir las temperaturas de mezclado, compactación y viscosidad de la mezcla asfáltica. Concluye que las mezclas asfálticas tibias a partir de mezclas de asfalto y aceite crudo de palma generan beneficios que se reflejan en la reducción del consumo de energía durante la producción de la mezcla asfáltica y la reducción de las emisiones tanto en la fase de producción como en la de colocación.

García (2015) en su trabajo de investigación acerca de las mezclas asfálticas tibias manifiesta que existe una gran variedad de tecnologías para producir mezclas asfálticas tibias y se pueden agrupar en base al sistema utilizado para la reducción de temperatura de mezclado, como la utilización de aditivos reductores de viscosidad en el ligante, sistemas a base de asfalto espumado y de emulsión. Respecto a la utilización de aditivos reductores de viscosidad, la característica es que se logra la misma trabajabilidad de una mezcla en caliente, pero a menores temperaturas, sin perjudicar el desempeño de la mezcla. Existen aditivos orgánicos y sintéticos que pueden ser utilizados como reductores de viscosidad en el asfalto, tal es el caso del producto Sosobit, de la empresa alemana Sasol, y se agrega a la mezcla en porcentajes de 1-1,5 %, permitiendo disminuciones en la temperatura de mezclado de 50 – 75 °F. Otros como Licomont, aditivo compuesto por una mezcla de derivados de ácidos grasos, comercializado como Licomont BS 100, se utiliza en proporciones cercanas al 3 % en relación al peso del ligante. La adición de Licomont BS 100 al asfalto permite producir mezclas con reducciones de temperaturas de 20 – 30 °C.

El autor también describe a los aditivos orgánicos, ceras o aceites vegetales, que han demostrado tener potencial de reducir la viscosidad en el asfalto. Entre éstos tenemos al aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*) cuyo estudio ha llevado a establecer que tiene la capacidad de reducir significativamente la viscosidad. El análisis de los ensayos realizados al asfalto modificado con (ACP) establecieron que la gravedad específica del asfalto disminuye a medida que se incrementa la cantidad de aceite de palma (ACP) agregado, debido a que el ACP, al ser

menos denso que el asfalto, incrementa en mayor proporción el volumen que el peso total de la mezcla, como consecuencia, la gravedad específica resultante es menor. El valor de la penetración aumenta con el incremento del porcentaje de ACP, lo que indica que el aceite de palma vuelve más blando al asfalto. La viscosidad del asfalto disminuye a medida que se incrementa la cantidad de ACP, demostrándose que puede ser utilizado como reductor de viscosidad en el asfalto. El asfalto con ACP al ser más blando, tiene un punto de ablandamiento más bajo a medida que se aumenta el porcentaje de aceite de palma, lo cual puede afectar el comportamiento del asfalto en la mezcla asfáltica si las temperaturas de servicio del asfalto son altas. El estudio concluyó que, si bien el agregado de ACP afectan ciertas especificaciones, éstas están dentro de lo requerido.

Los objetivos de esta investigación son diseñar una mezcla asfáltica tibia a partir de aceite de palma (ACP) que cumpla con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles contemplados en la norma EG 2013. También encontrar el porcentaje adecuado de ACP que se debe adicionar a la mezcla asfáltica y evaluar la variación de las propiedades de estabilidad y flujo de esta mezcla con respecto a una tradicional, realizando un estudio comparativo de las dos mezclas asfálticas y con éstas establecer las limitaciones del uso del aceite crudo de palma en una mezcla asfáltica tibia.

## **Materiales y métodos**

De acuerdo a los datos obtenidos de los ensayos granulométricos de los agregados, se determinó usar la mezcla de asfalto caliente MAC-2, que es la que más utilizada, se procedió a combinar ambos materiales en proporciones distintas (2700 gr para el agregado grueso y 340 gr para el agregado fino), hasta poder estar dentro de los parámetros de la curva. De acuerdo al MTC, para obtener el óptimo contenido de asfalto en una MAC se hace un análisis para diferentes porcentajes de asfalto con incrementos de 0.5 %, realizando tres briquetas por cada porcentaje y tipo de tránsito. De acuerdo a referencias bibliográficas revisadas se optó por usar un porcentaje de asfalto de 5.00, 5.50 y 6.00 %. Para la adición del aceite crudo de palma (el industrial y el artesanal), se probaron cinco porcentajes diferentes (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5) para añadir a la mezcla asfáltica, lo que dio un porcentaje óptimo para cada tipo de tránsito utilizado en nuestro país.

Se utilizó el análisis documental para obtener información a partir de documentos que contienen procedimientos y datos estándar también el método de observación con el que se obtuvieron los resultados (cuantitativos) de las propiedades de la mezcla asfáltica y agregados.

Se hizo análisis de información mediante diagramas de flujos, el cual aplicó a los siguientes procedimientos: la recolección de información, la adquisición de materiales, la selección de equipos del laboratorio, los ensayos de calidad de los agregados y del asfalto, la elaboración de las briquetas piloto, la determinación exacta para las proporciones de la mezcla, la adición del aceite crudo de palma a la mezcla, las respectivas pruebas a las briquetas con el aceite crudo de palma y su análisis de resultados de estas pruebas obtenidas.

Como guía documentaria se utilizó la normatividad del MTC, la cual establece la metodología adecuada para el desarrollo de los ensayos de laboratorio. Para la guía de observación se usaron los formatos de registro para completar los datos de cada ensayo.

Se ensayó con 3 briquetas para cada tipo de tránsito (liviano, medio y pesado) y se empleó 2 tipos de ACP en cantidades de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 %, 2.0 % y 2.5 % con respecto al peso del asfalto. Obteniendo 90 briquetas por adición de ACP. A estas se les sumaron las 9 briquetas patrón de las mezclas en caliente convencionales. (El total de briquetas fueron de 99)

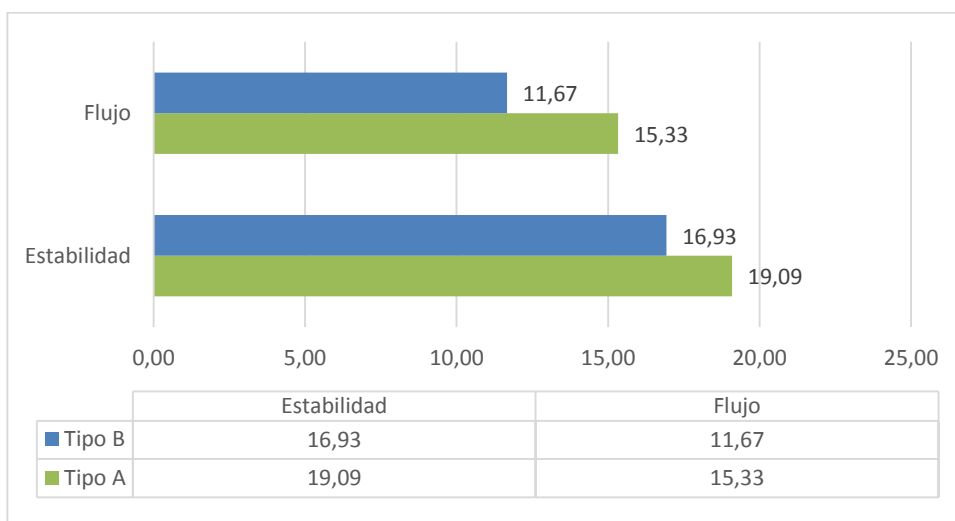
La variable interviniente fue la estructura de la mezcla asfáltica. La variable dependiente fueron las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica y la variable independiente fue el aceite crudo de palma (ACP).

## Resultados

Se ensayaron con 3 briquetas para cada tipo de tránsito (liviano, medio y pesado) y se emplearon 2 tipos de ACP, el artesanal y el de tipo industrial en cantidades de 0.5 %, 1.0 %, 1.5 %, 2.0 % y 2.5 % con respecto al peso del asfalto. Obteniendo 90 briquetas por adición de ACP, a éstas, se les sumaron 9 briquetas patrón de las mezclas en caliente convencionales. El total de briquetas fueron de 99.

Después de analizar los resultados, se escogió el mejor porcentaje y el mejor tipo de aceite para estos diseños de mezclas asfálticas en tibio, los cuales fueron:

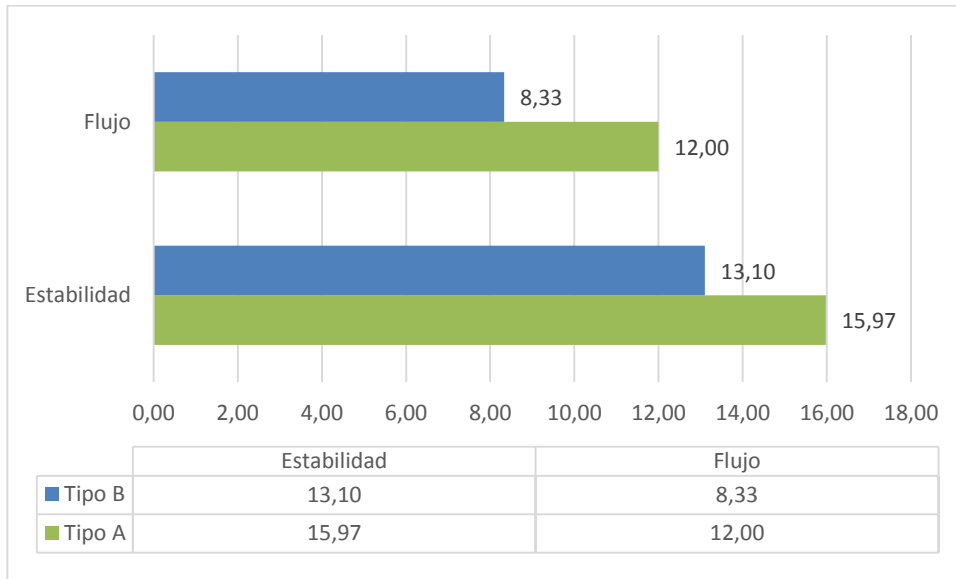
Para la mezcla asfáltica tibia (MAT) en el tránsito liviano, la cantidad de 1.0 % de ACP Tipo A respecto al peso del asfalto es la que presenta mejor desempeño en los parámetros evaluados.



**Figura 1.** Características de estabilidad y flujo de mezcla asfáltica tibia (MAT) para tránsito liviano con 1.0 % de aceite crudo de palma (ACP)

*Nota.* Elaboración propia.

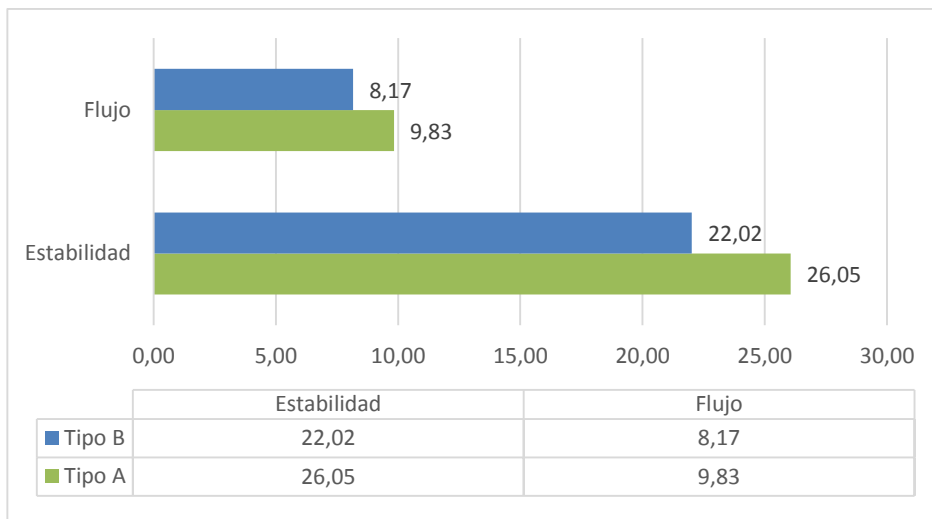
Para la MAT en el tránsito medio, la cantidad de 1.0 % de ACP Tipo A, respecto al peso del asfalto es la que presenta mejor desempeño en los parámetros evaluados.



**Figura 2.** Características de estabilidad y flujo de Mezcla asfáltica tibia (MAT) para Tránsito Medio con 1.0% de ACP.

*Nota.* Elaboración propia

Para la MAT en el tránsito pesado, la cantidad de 0.5 % de ACP Tipo A respecto al peso del asfalto es la que presenta mejor desempeño en los parámetros evaluados.



**Figura 3.** Características de estabilidad y flujo de Mezcla asfáltica tibia (MAT) para Tránsito Pesado con 0.5% de ACP.

*Nota.* Elaboración propia

La Tabla 1 muestra los resultados de las variaciones de una MAC convencional versus la MAT según el tipo de tránsito.

**Tabla 1**

Variación de estabilidad y flujo en MAC Convencional y MAT con ACP.

Porcentaje de ACP tipo A agregado	Parámetros	MAC convencional	MAT (1.0% ACP tipo A)	% de variación
ACP tipo A al 1.0% (tránsito liviano)	Estabilidad	8.27	19.09	130.91%
	Flujo	10.33	15.33	48.39%
ACP tipo A al 1.0% (tránsito medio)	Estabilidad	14.40	15.97	10.95%
	Flujo	11.67	12.00	2.86%
ACP tipo A al 0.5% - (tránsito pesado)	Estabilidad	16.64	26.05	56.58%
	Flujo	10.00	9.83	-1.67%

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 1, el porcentaje de variación para la estabilidad fue mayor en los tres tipos de tránsito. El de tránsito liviano presenta una mejora significativa en ambas características mecánicas. Respecto al flujo solo hubo una ligera diferencia negativa para el asfalto resultante de tránsito pesado aun cuando la estabilidad tiene una diferencia positiva, aun cuando la mejora no es significativa los resultados estan dentro del rango establecido por el MTC.

## Discusión

### Discusión 1

Se elaboraron los ensayos de calidad para los agregados que intervienen en la mezcla, comprobando que cumplen con todos los rangos, valores mínimos y máximos que indica el MTC en su “Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013” en los diferentes ensayos realizados.

### Discusión 2

Para el diseño de mezclas convencionales se ensayó con un porcentaje de cemento asfáltico PEN 60/70. Se elaboraron 3 briquetas con porcentajes de asfalto de 5.0 %, 5.5 % y 6.0 % para cada tipo de tránsito y poder así encontrar el porcentaje mínimo de asfalto que satisfaga las condiciones dadas en el Manual de Carreteras del MTC, según el tipo de tránsito que sea. Se aprecian los resultados para tránsito liviano, medio y pesado respectivamente. Indicando el porcentaje óptimo de asfalto de 5.0 % para tránsito liviano y 5.5 % para tránsito medio y pesado.

### Discusión 3

La incorporación de ACP influye de manera positiva la mezcla asfáltica, incrementando su estabilidad y mejorando la interrelación del flujo con la estabilidad. Para esto se empleó ACP en los siguientes dos tipos: Industrial (Tipo “A”) y Artesanal (Tipo “B”). Y también en cinco (5) diferentes porcentajes: 0.5 %, 1.0 %, 1.5 %, 2.0 % y 2.5 % del peso total del asfalto y a una temperatura de 135°.

Con los resultados de estabilidad y flujo obtenidos del equipo Marshall para briquetas con los 2 tipos de ACP utilizados, se elaboraron tablas y gráficas en donde se presentan los promedios de

dichos resultados. Esto se puede apreciar en el ítem 4.4 para el ACP Tipo A y 4.5 para el ACP Tipo B del presente.

Se evaluaron los resultados para elegir el mejor porcentaje de ACP que adicionado a la mezcla asfáltica mejore las características mecánicas (estabilidad y flujo) para cada tipo de tránsito, obteniéndose tres porcentajes de ACP: 1.0 % para tránsito liviano y medio y 0.5 % para tránsito pesado.

Los porcentajes obtenidos son del Tipo A de ACP (ACP industrial), por lo que se deduce que el tipo de ACP para emplearse en una MAT es del tipo industrial.

#### Discusión 4

Las características mecánicas si bien no presentan mejoras significativas para una MAC, sin embargo, éstas cumplen con las especificaciones establecidas por el MTC.

#### **Conclusiones**

Los ensayos de calidad para los agregados que intervienen en la mezcla, comprobaron que cumplen con todos los rangos, valores mínimos y máximos que indica el MTC en su “Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013” en los diferentes ensayos realizados.

El porcentaje de asfalto óptimo obtenido fue de 5.00 % para tránsito liviano y 5.50 % para tránsito medio y pesado, cumpliendo en todos los casos los parámetros de estabilidad y flujo.

Se determinó que el tipo de aceite crudo de palma más adecuado para el uso en MAT es del tipo industrial (Tipo A).

Se encontró que el ACP mejora las características mecánicas (estabilidad y flujo) para cada tipo de tránsito en los siguientes porcentajes: 1.0 % para tránsito liviano y medio y 0.5 % para tránsito pesado.

La adición de ACP en 1 % para tránsito liviano mejora los parámetros de estabilidad y flujo respecto a una MAC convencional en 131 % y 48 %. Para el tránsito medio resultó un aumento de 11 % en estabilidad y en 3 % en flujo en comparación con la MAC convencional. Con la combinación de ACP en la cantidad de 0.5 % para tránsito pesado se obtuvo un incremento en 57 % en estabilidad, pero el flujo disminuye en -1.67 %.

El uso del ACP en una mezcla asfáltica con mejores propiedades mecánicas que una MAC convencional se limita a sólo tránsito liviano y medio que demostraron tener una mayor variación en cuanto a estabilidad refiere.

#### **Referencias**

- Álvarez, A., Aaron, A., & Kirby, C. (2013). Evaluación de laboratorio de la compactibilidad y el desempeño de mezclas asfálticas tibias. *Revista EIA*, (19), 111-121. Recuperado el 15 de septiembre de 2015
- Álvarez, A., Carvajal, J., & Reyes, O. (2012). Estructura interna de mezclas asfálticas tibias compactadas en laboratorio. *DYNA*, 79(172), 38-45. Recuperado el 15 de septiembre de 2015.
- Álvarez, A., Macías, N., & Fuentes, L. (2012). Análisis de vacíos conectados en mezclas asfálticas tibias. *DYNA*, 79(172), 29-37. Recuperado el 15 de septiembre de 2015.

- Benavides S. M. A. (2016). *Efecto de la variación de la relación polvo / asfalto sobre la durabilidad de mezclas asfálticas*. Recuperado de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6731/Efecto\\_variacion\\_relacion\\_polvo\\_asfalto\\_mezclas\\_asfalticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6731/Efecto_variacion_relacion_polvo_asfalto_mezclas_asfalticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Celis, L. & Serrano, C. (2008). *Diseño de mezcla asfáltica tibia* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Colombia. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1921/2/128645.pdf>  
Tesis, 55-56. Recuperado el 15 de septiembre de 2015.
- Larsen, D., Daguerre, L., Williams, E., Asurmendi, A. & Ferrín, L. (2010). *Aplicación de mezclas asfálticas tibias en la ciudad Autónoma de Buenos Aires - Tramos Experimentales*. Facultad de ingeniería UNLP. Recuperado de <https://www.ing.unlp.edu.ar/sitio/investigacion/archivos/jornadas2011/ic03.pdf>
- Lopera, C., & Córdoba, J. (2013). *Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma*. *DYNA*, 80(179), 99-108. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n179/v80n179a11.pdf>
- Méndez, G., Moran, J. & Pineda, L. (2014). *Diseño de mezcla asfáltica tibia, mediante la metodología Marshall, utilizando asfalto espumado* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/6286/1/Dise%C3%B1o%20de%20mezcla%20asf%C3%A1ltica%20tibia%2C%20mediante%20la%20metodolog%C3%ADa%20Marshall%2C%20utilizando%20asfalto%20espumado.pdf>
- Ulloa, A. (2011). *Mezclas asfálticas tibias (Mat)*. *Revista PITRA*, 2(15), 1-6. Recuperado de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/50625112500/364/15.pdf?sequence=1>