

# Influence of abaca fiber and hydrated lime for the improvement of hot mix asphalt, Trujillo, Peru, 2023.

Risto Yansey Coronel-Saavedra<sup>1</sup>, Anderson Bryan Garcia- Garcia<sup>1</sup>, Juan Carlos Martell-Ortiz, Msc.<sup>1</sup>  
Eduardo Manuel Noriega-Vidal, Msc.<sup>1</sup>, Juan Paul Edward Henríquez-Ulloa, Msc.<sup>1</sup>, Alan Yordan  
Valdivieso-Velarde, Dr.<sup>1</sup>, Eduar Jose Rodríguez-Beltrán, Msc.<sup>1</sup>, coronelsr@ucvvirtual.edu.pe,  
abgarciag@ucvvirtual.edu.pe, jmartellor@ucvvirtual.edu.pe, enoriegavi@ucvvirtual.edu.pe,  
jhenriquezu@ucvvirtual.edu.pe, avaldivieso@ucv.edu.pe, erodriguezb@ucv.edu.pe,

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú

**Abstract-** *The general objective of the current research work was to determine the influence of abaca fiber and hydrated lime for the improvement of hot mix asphalt, Trujillo, Peru, 2023. It was carried out through an experimental design - quasi-experimental, type applied, with a quantitative approach and an explanatory level. The population was represented by all hot asphalt briquettes and the sample consisted of 33 briquettes with the addition of abaca fiber and hydrated lime at 0.0%, 1.0%, 1.5% and 2.0%. Non-Probabilistic, intentional sampling was used. Direct experimental observation was applied as a technique and the observation guide and results collection sheet were used as instruments. The results indicated that by adding 1.5% abaca fiber and 2.0% hydrated lime, improvements were obtained in the asphalt mixture with stability values of 1001kg and 1281kg, creep values of 2.62 and 3.73 and a void content of 4.12% and 4.21%, respectively. In conclusion, 1.5% abaca fiber and 2.0% hydrated lime positively influence the improvement of hot mix asphalt, Trujillo, Peru, 2023.*

**Keywords:** *Hot asphalt mix, abaca fiber and hydrated lime.*

# Influence of abaca fiber and hydrated lime for the improvement of hot mix asphalt, Trujillo, Peru, 2023.

Risto Yansey Coronel-Saavedra<sup>1</sup>, Anderson Bryan Garcia- Garcia<sup>1</sup>, Juan Carlos Martell-Ortiz, Msc.<sup>1</sup>, Eduardo Manuel Noriega-Vidal, Msc.<sup>1</sup>, Juan Paul Edward Henríquez-Ulloa, Msc.<sup>1</sup>, Alan Yordan Valdivieso-Velarde, Dr.<sup>1</sup>, Eduar Jose Rodríguez-Beltrán, Msc.<sup>1</sup>, coronelsr@ucvvirtual.edu.pe, abgarcia@ucvvirtual.edu.pe, jmartellor@ucvvirtual.edu.pe, enoriegavi@ucvvirtual.edu.pe, jhenriquezu@ucvvirtual.edu.pe, avaldivieso@ucv.edu.pe, erodriguezb@ucv.edu.pe,

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú

## Resumen-

El actual trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia de la fibra de abacá y cal hidratada para el mejoramiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo, Perú, 2023. Se llevo a cabo mediante un diseño experimental – cuasi experimental, de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. La población estuvo representada por todas las briquetas asfálticas en caliente y la muestra consistió en 33 briquetas con adición de fibra de abacá y cal hidratada al 0.0% 1.0%, 1.5% y 2.0%. Se utilizo un muestreo No Probabilístico, de tipo intencional. Se aplico como técnica la observación directa experimental y se utilizó como instrumento la guía de observación y la ficha de recolección de resultados. Los resultados indicaron que al añadir fibra de abacá al 1.5% y cal hidratada al 2.0% se obtienen mejoras en la mezcla asfáltica con valores de estabilidad de 1001kg y 1281kg, valores de fluencia de 2.62 y 3.73 y un contenido de vacíos de 4.12% y 4.21 %, respectivamente. En conclusión, la fibra de abacá al 1.5% y cal hidratada al 2.0% influye positivamente en el mejoramiento de la mezcla de asfalto en caliente, Trujillo, Perú, 2023.

Palabras claves: Mezcla Asfáltica en caliente, Fibra de abacá y Cal hidratada.

## Abstract-

The general objective of the current research work was to determine the influence of abaca fiber and hydrated lime for the improvement of hot mix asphalt, Trujillo, Peru, 2023. It was carried out by means of an applied experimental-quasi-experimental design, with a quantitative approach and an explanatory level. The population was represented by all hot asphalt briquettes and the sample consisted of 33 briquettes with the addition of abaca fiber and hydrated lime at 0.0%, 1.0%, 1.5% and 2.0%. A non-probabilistic, purposive sampling was used. Direct experimental observation was applied as a technique and the observation guide and the results collection form were used as instruments.

The results indicated that the addition of 1.5% abaca fiber and 2.0% hydrated lime resulted in improvements in the asphalt mixture with stability values of 1001kg and 1281kg, creep values of 2.62 and 3.73 and void contents of 4.12% and 4.21%, respectively. In conclusion, abaca fiber at 1.5% and hydrated lime at 2.0% positively influence the improvement of the hot asphalt mix, Trujillo, Peru, 2023.

Key words: Hot mix asphalt, abaca fiber and hydrated lime.

## I. INTRODUCCIÓN

Según [17] y [1], en los últimos años el pavimento de asfalto es el más utilizando a nivel mundial, las grandes autopistas que enlazan las principales ciudades del mundo son una prueba de que el pavimento flexible cumple una gran función para el desarrollo de la humanidad, el pavimento de asfalto tiene una gran resistencia a la compresión y capacidad de carga, pero por otra parte es fácil de destruir por lo que se tiene que renovar demasiado rápido lo que produce un aumento de la contaminación ambiental, por lo tanto mejorar las propiedades del pavimento flexible es de vital importancia.

Según [11] y [2], en el Perú, sus carreteras y pistas no satisfacen su vida útil previstas en el diseño, puesto que las mezclas asfálticas convencionales son susceptibles a ser afectadas por factores externos, como las temperaturas altas y el intenso tránsito vehicular, lo que provoca daños en su estructura y causar fallas de fatiga y deformación permanente.

Actualmente, la ciudad de Trujillo se encuentra en una situación preocupante con respecto al estado de las vías de tránsito. La carpeta asfáltica de los pavimentos presenta diversos daños que afectan negativamente a los pobladores. Entre los problemas más comunes en el pavimento flexible se encuentran los agrietamientos, baches y deformaciones. Por lo tanto, existe la necesidad de promover nuevos enfoques de investigación relacionadas a mejorar las propiedades en el diseño de mezcla asfálticas.

Por esta razón, esta investigación, propone realizar un diseño de mezcla asfáltica usando material adicional el cual

será la fibra de abacá y la cal hidratada con la finalidad de evaluar en que grado estos materiales empleados mejorará las propiedades de la mezcla de asfalto, y de este modo obtener una superficie de rodadura óptima para su tránsito.

El estudio se justifica teóricamente porque nace la necesidad de aportar investigaciones sobre como la adición la fibra de abacá y la cal hidratada influye en las propiedades de una mezcla de asfalto, cuyos resultados y conclusiones podrían servir como base para fomentar, promover y adoptar nuevos enfoques innovadores sobre el diseño de mezclas asfálticas poco convencionales o poco utilizadas en el país.

Asimismo, en la justificación metodológica del presente estudio se empleará la adición de la fibra de abacá y la cal hidratada en la mezcla bituminosa en distintas dosificaciones para conocer cómo se comporta y cumplir con los objetivos del presente trabajo.

Finalmente, el estudio se justifica socialmente en beneficio de toda la población de Trujillo, ya que, mediante la inclusión de la fibra de abacá y la cal hidratada en la mezcla asfáltica, se pretende resolver los diversos problemas que se ven en la superficie asfáltica, por ende, garantizar una mejor condición de vida para la comunidad Trujillana, debido que permitiría un acceso más cómodo y seguro para el tránsito.

Es por ello que el problema general de investigación planteado fue: ¿Cómo influye la adición la fibra de abacá y la cal hidratada en el mejoramiento de la mezcla de asfalto en caliente, Trujillo, Perú, 2023?

Asimismo, se formuló los problemas específicos: ¿La mezcla asfáltica patrón en caliente se diseñó satisfactoriamente?, ¿Cómo influye la fibra de abacá en las propiedades de la mezcla de asfalto?, ¿Cómo influye la cal hidratada en las propiedades de la mezcla de asfalto?, ¿Cuáles son los efectos de la adición de la fibra de abacá y la cal hidratada en la mezcla asfáltica en comparación con la mezcla asfáltica patrón?

El Objetivo General fue determinar la influencia de la fibra de abacá y cal hidratada para el mejoramiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo, Perú, 2023.

Los Objetivos Específicos fueron: Realizar un diseño de mezcla asfáltica patrón en caliente, Determinar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibra de abacá al 1.0%, 1.5% y 2.0%., Determinar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con adición de cal hidratada al 1.0%, 1.5% y 2.0%., Realizar un análisis de varianza sobre los efectos que tiene la adición de la fibra de abacá y la cal hidratada al 1%, 1.5% y 2% en comparación la mezcla asfáltica patrón.

Por otra parte, formulación de la hipótesis general fue: La adición de la fibra de abacá y cal influye favorablemente en el mejoramiento de la mezcla de asfalto en caliente.

Conjuntamente a ello, la formulación de las hipótesis específicas fueron: La mezcla asfáltica patrón en caliente se diseñó satisfactoriamente., La adición de la fibra de abacá influye significativamente en las propiedades de la mezcla de asfalto en caliente., La adición de la cal hidratada influye significativamente en las propiedades de la mezcla de asfalto

en caliente., Los efectos de la adición de la fibra de abacá y la cal hidratada en la mezcla asfáltica son más significativa en comparación con la mezcla asfáltica patrón.

Continuando, este estudio se apoya de los siguientes antecedentes:

Según [4], en su artículo “Effects of zeolites and hydrated lime on volumetrics and moisture resistance of foamed warm mix asphalt concrete”, tuvieron el objetivo de examinar los efectos de las zeolitas y la cal hidratada en la volumetría y la resistencia a la humedad, utilizando una combinación de mezcla tibia y betún espumado. La metodología que desarrollo fue experimental, donde se agregaron cantidades de 0.4% y 1.2% de cal hidratada en la mezcla y 0.4% de zeolitas modificadas con agua y 1.0% de secado al aire. Se investigaron mezclas producidas en caliente con un contenido de aglutinante del 4.5% y 4.8%, y temperaturas de producción y compactación establecidas en 120 °C y 100 °C, respectivamente. Se encontró como resultados que las mezclas que contenían cal hidratada y betún con menos del 4.5% exhibieron un aumento de los vacíos de aire y un rendimiento mecánico sin cambios significativos comparado a la mezcla de asfalto de referencia. Un aumento en el contenido de betún resultó en un rendimiento mejor en la resistencia a la humedad y la compactabilidad que se comparó con la mezcla de referencia caliente. Por otro lado, la incorporación de zeolitas en las mezclas de betún espumado provoco un aumento del % de vacíos en las muestras, lo que llevó a una reducción en la capacidad de la resistencia a la tracción indirecta. En conclusión, al utilizar temperaturas de procesamiento más altas puede generar beneficios en términos de estabilidad y capacidad de carga de las mezclas al incorporar cal hidratada.

Por otro lado [10], en su investigación “Diseño de una mezcla asfáltica incorporando fibra de abacá con cal como materiales de refuerzo al comportamiento Marshall”, como objetivo plantearon mejorar las propiedades de una mezcla de asfalto utilizando fibra de abacá y cal. La metodología empleada fue experimental, donde realizo diversos ensayos con cal a porcentajes de 1.5, 2.5 y 3.1% y porcentajes de fibra de abacá a 0.5, 1 y 1.5%. Como resultados se obtuvo que la mezcla de asfalto modificada con un 2.5% de cal y un 0.5% de fibra de abacá presentó un aumento del 21.26% de la estabilidad en comparación con la mezcla estándar. Además, el valor promedio del flujo se redujo de 13.9 in/100 en la mezcla estándar a 13.67 in/100. En conclusión, la mezcla de asfalto mejoró la estabilidad al incorporar fibra de abacá y cal, aunque se demostró que el porcentaje de vacíos supera los límites establecidos.

Según [7], en su artículo científico “Study on the effect of hydrated lime content and fineness on asphalt properties”, plantearon como objetivo principal evaluar el impacto del contenido de cal y la finura en el estudio de asfalto modificado con cal hidratada, así como determinar los valores óptimos para ambos parámetros. Se empleó una metodología experimental para llevar a cabo la investigación. Los resultados obtenidos indicaron que la adhesividad del asfalto aumentó en una medida que se incrementó la finura de la cal,

y se identificó que un contenido de cal cercano al 10% resultó excelente para lograr una mejor adhesividad. Además, se demostró que la cal hidratada tuvo la capacidad de aumentar la viscosidad del asfalto y hacerlo más rígido. Con el fin de alcanzar con los requisitos de ductilidad, se mantendrá el contenido de cal por debajo del 10%. En el rango de contenido de cal entre el 3% y el 10%, se encontró que el asfalto modificado con cal hidratada mostraba propiedades reológicas relativamente favorables en comparación con el asfalto base. En conclusión, una dosis de geopolímero del 3.0% en peso resulta ser un aditivo eficaz para disminuir las temperaturas durante el proceso de mezcla y compactación, y puede añadirse fácilmente a la mezcla asfáltica.

Según [3], en su artículo “Investigative tests on the performance of asphaltic mixtures modified by additive combinations (hydrated lime and polypropylene)”, su objetivo fue evaluar el rendimiento de un tipo de pavimento flexible utilizando asfalto procedente de la refinería Al-Daurah junto con polipropileno y cal hidratada. La metodología utilizada fue experimental. Se evaluaron las principales características mecánicas de las mezclas asfálticas mediante el uso del índice de Marshall para medir la resistencia retenida, así como ensayos de resistencia a la tracción indirecta. Se obtuvo como resultados que el uso de polipropileno y cal hidratada incremento de aproximadamente 1.3 y 1.5 veces mediante las pruebas de Marshall y de tracción indirecta, respectivamente, en comparación con la mezcla de control. Además, el índice de resistencia retenida aumentó aproximadamente 1,3 veces en comparación con la mezcla de control. Específicamente, al agregar una combinación de 2% de polipropileno por peso de mezclas de asfalto y 1% de cal hidratada por peso de agregado, se logró requisitos satisfactorios en términos de estabilidad, sensibilidad a la humedad y resistencia a la tracción indirecta. En conclusión, la mejor combinación fue 2% de polipropileno y 1% de cal hidratada, lo cual resultó en un aumento del valor de estabilidad en aproximadamente 1,3 veces. Asimismo, la utilización de esta combinación de aditivos mejorar valores satisfactorios de rigidez, con un aumento de aproximadamente 1,25 veces en comparación con el asfalto modificado convencional.

En ese sentido [14], en su investigación “Improving the Quality of Asphalt Mix Using Marle Dust and Banana Fiber”, plantearon como objetivo mejorar la estabilidad de la mezcla de asfalto mediante la incorporación de fibra de plátano como agente de relleno junto con el contenido de aglutinante. La metodología empleada fue de carácter experimental. Los resultados indicaron que la fibra de plátano mejora la estabilidad de la muestra. Se realizaron experimentos en cinco muestras diferentes, agregando un 5.5 % de hormigón bituminoso (BC) al betún, junto con diferentes porcentajes de fibra de plátano, como 0 %, 0.2 %, 0.4 %, 0.6 % y 0.8 %. Se midieron los valores de las pruebas en términos de estabilidad, valor de flujo, contenido vacío y vacío en agregado mineral. El valor de estabilidad Marshall alcanzó su máximo con un contenido de fibra del 0.4 %, y a partir de este porcentaje comenzó a disminuir. Los vacíos de aire disminuyeron hasta el 0.4 % de contenido de fibra de plátano,

pero después de este porcentaje, comenzaron a aumentar nuevamente. Como conclusión, determinó que el contenido de fibra de plátano óptimo para el diseño de la muestra de mezcla bituminosa fue del 0.4 %.

Además [13], en su tesis “Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada, Av. San Diego, 2021”, con el objetivo de evaluar las propiedades tanto físico como mecánico de una mezcla asfáltica en caliente al agregar cal hidratada. Para ello, empleo una metodología de tipo experimental. Los resultados obtenidos indicaron que al añadir un 1% de cal hidratada, se logró disminuir el contenido de vacíos en un 7.50%, aumentar la densidad de la mezcla en un 0.62%, incrementar la estabilidad en un 4.6% y el flujo en un 2.33%. Adicionalmente, se observó un incremento del 10.43% en el índice de resistencia durante la prueba de inmersión-compresión. En conclusión, al añadir cal hidratada se logró mejorar la cantidad de porcentaje de vacíos, la densidad, la deformación y la resistencia máxima, lo que hizo que el material fuera menos vulnerables a perder su resistencia debido al contacto con el agua.

Según [19], en su tesis “Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Tumbes, 2022”, la cual planteo como objetivo determinar el impacto de la la fibra de bambú en las propiedades de la mezcla de asfalto en caliente para la Avenida Tumbes, 2022. En el desarrollo de su tesis empleo una metodología experimental. Los resultados mostraron que la estabilidad, la resistencia a la comprensión y flexión, aumentaron al añadir fibra de bambú al 0.75%, por otro lado, el peso específico aumento al añadir 0.50% de dicha fibra y la dosificación óptima para los vacíos de aire fue de un 1.00% de fibra de bambú. Se llego a la conclusión que la adición de fibra de bambú beneficia tanto las propiedades físicas como mecánicas de la mezcla de asfalto en caliente, siendo la dosificación óptima a nivel general de un 0.75% de fibra de bambú.

Por otro lado [18], en su estudio titulado “Influencia de la fibra de bagazo de caña en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica Chiclayo-Lambayeque”, con el objetivo evaluar el efecto de la fibra de bagazo de caña (FBC) en las propiedades mecánicas de una mezcla de asfalto, desarrollo una metodología experimental utilizando 180 briquetas de asfalto para el diseño de tránsito del tipo A, B y C. Los resultados al adicionar 0.50% de FBC en la mezcla de asfalto mostraron que para el tipo A, se observó una estabilidad del 8.04%, un flujo de 13.8 y un índice de rigidez del 7.35%. Para el tipo B, se obtuvo una estabilidad del 5.37%, un flujo de 14.8 y un índice de rigidez del 12.58%. Para el tipo C, se registró una disminución en la estabilidad del 1.92%, un flujo de 17.5 y un índice de rigidez del 12.18%. En conclusión, la adición en un 0.50% de FBC en una mezcla de asfalto condujo a mejoras notables en las propiedades de estabilidad, flujo, índice de rigidez para los distintos tipos de tránsito.

## II. METODOLOGÍA

### A. Tipo de investigación:

El proyecto de investigación fue de tipo aplicada, dado que tuvo como propósito encontrar soluciones para problemas concretos y existentes, en ese sentido, se utilizaron materiales adicionales como la fibra de abacá y cal hidratada para brindar mejoras en las propiedades del asfalto.

### B. Diseño de investigación:

El diseño de investigación fue experimental de tipo cuasi experimental, ya que implicó manipular las variables independientes para analizar su impacto sobre la variable dependiente. Es decir, consistió en variar los porcentajes de adición de fibra de abacá y cal hidratada en la mezcla de asfalto, con el objetivo de observar cómo influye en está.

### C. Población:

Para el estudio de investigación se tomó como población a la mezcla de asfalto en caliente conformado por briquetas convencionales y briquetas modificadas con fibra de abacá y cal hidratada. Asimismo, elaboradas con los agregados grueso y fino de la ciudad de Trujillo.

### D. Muestra:

Compuesta por 33 briquetas de mezcla de asfalto en caliente, con adición de fibra de abacá y cal hidratada al 0.0%, 1.0%, 1.5% y 2.0%

### E. Muestreo:

El muestreo fue No Probabilístico ya que se utilizó de manera intencional las variables en porcentajes y en cantidades diferentes.

En la tabla I, se presenta la conformación de la población y muestra del presente estudio.

TABLA I  
POBLACIÓN Y MUESTRA

Mezcla Asfáltica	Descripción	No de muestras
Mezcla asfáltica convencional	Se realizará 15 briquetas con porcentajes 0.0% de fibra de abacá y cal hidratada.	15
Mezcla asfáltica con adición de fibra de abacá	Se realizarán 03 briquetas con porcentajes al 1%, 1.5% y 2% de fibra de abacá	09
Mezcla asfáltica con adición de cal hidratada	Se realizarán 03 briquetas con porcentajes al 1%, 1.5% y 2% de cal hidratada	09
Total		33

### F. Técnicas de recolección de datos

Se empleó la técnica de observación directa experimental para la recolección de datos, que consistió en observar directamente el objeto de estudio en un contexto específico. En este caso, se utilizó esta técnica para observar la influencia que tiene de fibra de abacá y cal hidratada al añadir a la mezcla de asfalto.

### G. Instrumento de recolección de datos

Se empleará los siguientes instrumentos para la recolección de datos: La guía de observación bajo la normativa establecida por el MTC y la ficha de recolección de resultados del ensayo de laboratorio – ensayo Marshall.

### H. Procedimiento

En primer lugar, se llevó a cabo la adquisición los materiales como: el cemento asfáltico, agregados pétreos (finos y gruesos), la fibra de abacá y la cal hidratada.

Seguidamente, se realizó un control de calidad de los agregados pétreos (finos y gruesos), siguiendo las normativas correspondientes.

En el siguiente paso, se llevó a cabo el diseño de asfalto convencionales en caliente para determinar el contenido óptimo de asfalto.

Posteriormente, se procedió a la fabricación de 03 briquetas de asfalto con adición de fibra de abacá al 1.0%, 1.5% y 2.0% mediante el método Marshall.

De manera análoga, se llevó a cabo la fabricación de 03 briquetas de asfalto con adición de cal hidratada al 1.0%, 1.5% y 2.0% mediante el método Marshall.

Luego, se realizaron las pruebas de estabilidad, flujo y contenido de vacíos para cada muestra, teniendo en cuenta la normativa vigente.

Finalmente, el proceso concluyó con la evaluación y comparación de los datos obtenidos.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Diseño de mezcla asfáltica convencional

Como se aprecia en la Tabla II, el diseño de mezcla asfáltica en caliente (MAC 2) consiste en una combinación de piedra chancada al 40.0%, arena chancada al 24.0%, arena zarandeada 36.0% y un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.71%.

TABLA II  
PORCENTAJES DE AGREGADOS PARA LA MAC CONVENCIONAL

AGREGAGOS	DISEÑO MAC - 2 (%)
Cemento Asfáltico	5.71%
Piedra Chancada	40.0%
Arena Chancada	24.0%
Arena Zarandeada	36.0%

Como se puede observar en la Tabla III, los resultados se sitúan dentro de los rangos aceptables según los estándares Marshall.

**TABLA III**  
**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LA MAC**  
**CONVENCIONAL**

Parámetro de diseño	Clase de mezcla A	Resultado Teórico	Conclusión
Marshall (MTC E 504)		Gráficos Marshall	
Compactación, número de golpes por cada lado	75	75	CUMPLE
Estabilidad (mínimo)	815 kg	1136 kg	CUMPLE
Flujo 0.01*(0.25 mm)	2 - 4	3.30	CUMPLE
Porcentaje de vacíos con aire	3 - 5	4	CUMPLE
Vacíos en el agregado mineral	Min 14%	16%	CUMPLE

### 3.2. Diseño de mezcla asfáltica con fibra de abacá

En la Tabla IV, se presenta la composición de la mezcla asfáltica, que incluye emulsión asfáltica, piedra chancada, arena chancada y fibra de abacá.

**TABLA IV**  
**PORCENTAJES DE AGREGADOS PARA LA MAC CON**  
**FIBRA DE ABACÁ AL 1.0%, 1.5% Y 2.0%**

AGREGAGOS	FIBRA ABACÁ 1.0%	FIBRA ABACÁ 1.5%	FIBRA ABACÁ 2.0%
Cemento Asfáltico	5.71%	5.71%	5.71%
Piedra Chancada	40.0%	40.0%	40.0%
Arena Chancada	24.0%	24.0%	24.0%
Arena Zarandeada	35.0%	34.5%	34.0%
Fibra de abacá	1.0%	1.5%	2.0%

La tabla V muestra que los resultados se sitúan dentro de los rangos aceptables según los estándares Marshall, teniendo en cuenta la compactación, estabilidad como parámetros para el diseño.

**TABLA V**  
**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LA MAC CON**  
**FIBRA DE ABACÁ.**

Parámetro de diseño	Clase A	ABACÁ 1.0%	ABACÁ 1.5%	ABACÁ 2.0%
Marshall			Gráficos Marshall	Gráficos Marshall
Compactación	75	75	75	75
Estabilidad	815 kg	942 kg	1001 kg	1078 kg
Flujo	2 - 4	2.9	2.6	2.5
% vacíos con aire	3 - 5	4	4	4.8

Vacíos en el agregado mineral	Min 14%	16.0%	16.4%	17.5%

### 3.3. Diseño de mezcla asfáltica con cal hidratada

En la Tabla VI, se presenta la composición de la mezcla asfáltica, que incluye emulsión asfáltica, piedra chancada, arena chancada y cal en diferentes proporciones 1.0%, 1.5% y 2.0 %.

**TABLA VI**  
**PORCENTAJES DE AGREGADOS PARA LA MAC CON**  
**CAL HIDRATADA.**

AGREGAGOS	CAL 1.0%	CAL 1.5%	CAL 2.0%
Emulsión asfáltica	5.71%	5.71%	5.71%
Piedra Chancada	40.0%	40.0%	40.0%
Arena Chancada	24.0%	24.0%	24.0%
Arena Zarandeada	35.0%	34.5%	34.0%
Cal (Filler)	1.0%	1.5%	2.0%

La tabla VII muestra que los resultados se sitúan dentro de los rangos aceptables según Marshall, teniendo en cuenta la adición de cal en diferentes porcentajes.

**TABLA VII**  
**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LA MAC CON**  
**CAL HIDRATADA.**

Parámetro de diseño	Clase A	CAL 1.0%	CAL 1.5%	CAL 2.0%
Marshall (MTC E504)	Gráficos Marshall	Gráficos Marshall	Gráficos Marshall	Gráficos Marshall
Compactación, número de golpes por cada lado	75	75	75	75
Estabilidad (mínimo)	815 kg	1181 kg	1266 kg	1281 kg
Flujo 0.01*(0.25 mm)	2 - 4	2.9	3.6	3.7
Vacíos con aire	3 - 5	3.6	3.7	4.2
Vacíos en el agregado mineral	Min 14%	15.6%	16.1%	16.9%

De la Figura 1 se puede inferir que conforme se incrementa el porcentaje tanto de fibra de abacá como de cal hidratada, los valores de estabilidad también incrementan.

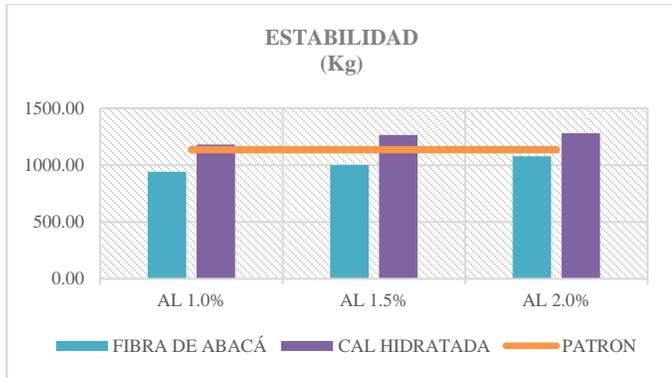


FIG. 1 ESTABILIDAD

La Figura 2 indica que, al aumentar la cantidad de fibra de abacá, los valores de flujo disminuyen, mientras que, al incrementar la cantidad de cal hidratada, los valores de flujo aumentan.

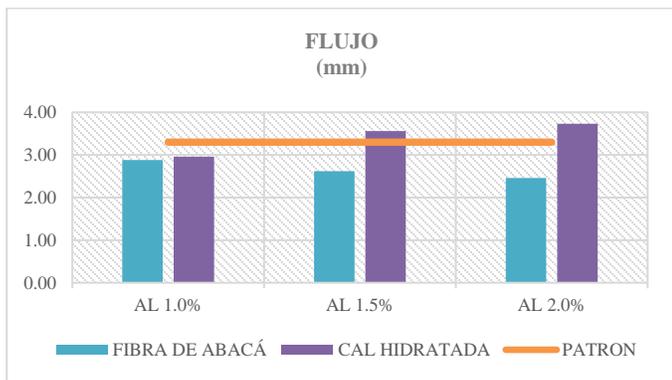


FIG. 2 FLUJO

De la Figura 3 se destaca que el aumento de fibra de abacá y cal hidratada resulta en un incremento mínimo en los valores de contenido de vacíos.

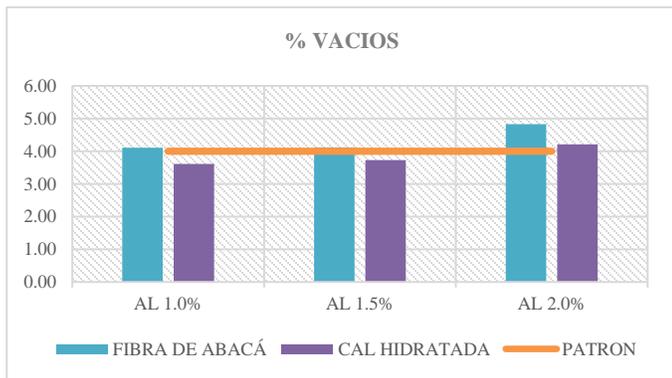


FIG. 3 % VACÍOS

De la Figura 04 se infiere que, al aumentar estas proporciones, los vacíos del agregado mineral aumentan considerablemente.

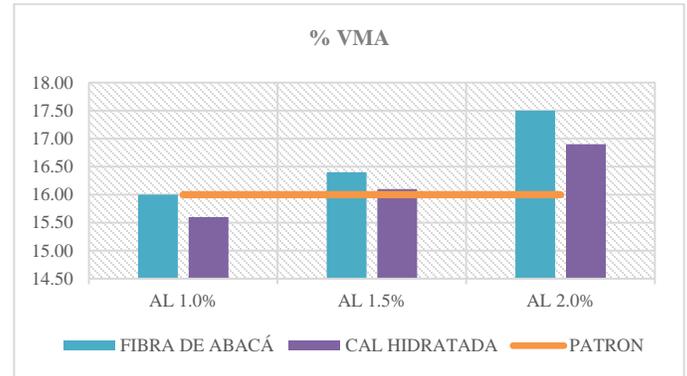


FIG. 4 % VACÍOS DEL AGREGADO MINERAL

### 3.4. Análisis de varianza

En la tabla VIII se aprecia que si existe diferencias significativas en la estabilidad de la mezcla asfáltica entre los grupos de estudio. (p-valor<0.05).

TABLA VIII  
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL INDICADOR DE ESTABILIDAD

Variación	SS	df	MS	F	p-valor	Valor crítico
Entre grupos	295207	6	49201	109	5.94E-11	0.979
Dentro de los grupos	6286	14	449			
Total	301493	20	15074			

En la tabla IX se aprecia que existe una diferencia significativa en la estabilidad de la mezcla asfáltica solamente al añadir fibra de abacá al 1.0% y 1.5%, así como al incorporar cal hidratada al 1.5% y 2.0% hidratada en comparación con la mezcla asfáltica patrón (p-valor<0.05)

TABLA IX  
ANÁLISIS TUKEY DEL INDICADOR DE ESTABILIDAD

Grupo 01	Grupo 02	Media	Error Estándar	Estadística	p-valor
Patrón (0%)	Fibra abacá (1.0%)	194.00	12.23	15.86	3.77E-07
Patrón (0%)	Fibra abacá (1.5%)	135.67	12.23	11.09	2.82E-05
Patrón (0%)	Fibra abacá (2.0%)	58.00	12.23	4.74	0.0558

Patrón (0%)	Cal hidratada (1.0%)	45.00	12.23	3.68	0.197
Patrón (0%)	Cal hidratada (1.5%)	129.67	12.23	10.60	4.71E-05
Patrón (0%)	Cal hidratada (2.0%)	144.33	12.23	11.80	1.38E-05

En la tabla X se aprecia que si existe diferencias significativas en la fluencia de la mezcla asfáltica entre los grupos de estudio. (2.75E-08<0.05).

TABLA X  
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL INDICADOR DE FLUENCIA

Variaciones	SS	df	MS	F	p-valor	Valor crítico
Entre grupos	4.0458	6	0.674	43.8	2.75E-08	0.949
Dentro de los grupos	0.2151	14	0.015			
Total	4.2610	20	0.213			

En la tabla XI se observa que si existe una diferencia significativa en la fluencia de la mezcla asfáltica solamente al añadir fibra de abacá al 1.0%, 1.5% y 2.0%, así como al incorporar cal hidratada al 2.0% hidratada en comparación con la mezcla asfáltica patrón (p-valor<0.05).

TABLA XI  
ANÁLISIS TUKEY DEL INDICADOR DE FLUENCIA

Grupo 01	Grupo 02	Mediana	Error Estándar	Estadística	p-valor
Patrón (0%)	Fibra abacá (1.0%)	0.42333	0.07157	5.9150	0.01244
Patrón (0%)	Fibra abacá (1.5%)	0.67667	0.07157	9.4547	0.00016
Patrón (0%)	Fibra abacá (2.0%)	0.84333	0.07157	11.7834	0.00001
Patrón (0%)	Cal hidratada (1.0%)	0.33667	0.07157	4.7040	0.05848
Patrón (0%)	Cal hidratada (1.5%)	0.26000	0.07157	3.6328	0.20755
Patrón (0%)	Cal hidratada (2.0%)	0.42667	0.07157	5.9616	0.01172

En la tabla XII se aprecia que p-valor<0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, no existe diferencias significativas en el % Vacíos de la mezcla asfáltica entre los grupos de estudio.

TABLA XII  
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL INDICADOR DE % VACÍOS

Variaciones	SS	df	MS	F	p-valor	Valor crítico
Entre grupos	2.5867	6	0.43112	3.16	0.051	0.575
Dentro de los grupos	1.9089	14	0.13636			
Total	4.4957	20	0.22479			

En la tabla XIII se observa que la mezcla asfáltica en caliente con fibra de abacá y cal hidratada, frente a la mezcla asfáltica patrón, no tiene diferencias significativas en relación al % de vacíos.

TABLA XIII  
ANÁLISIS TUKEY DEL INDICADOR DE % VACÍOS

Grupo 01	Grupo 02	Mediana	Error Estándar	Estadística	p-valor
Patrón (0%)	Fibra abacá (1.0%)	0.02533	0.21319	0.11883	1.000
Patrón (0%)	Fibra abacá (1.5%)	0.03467	0.21319	0.16261	1.000
Patrón (0%)	Fibra abacá (2.0%)	0.71467	0.21319	3.35218	0.279
Patrón (0%)	Cal hidratada (1.0%)	0.45767	0.21319	2.14671	0.730
Patrón (0%)	Cal hidratada (1.5%)	0.35500	0.21319	1.66514	0.891
Patrón (0%)	Cal hidratada (2.0%)	0.12333	0.21319	0.57850	0.999

#### IV. CONCLUSIONES

Se determinó que la fibra de abacá al 1.5% y cal hidratada al 2.0% influye en el mejoramiento de la mezcla asfáltica en caliente con valores de estabilidad de 1001 kg y 1281 kg, fluencia de 2.62 y 3.73 y % de vacíos de 4.12% y 4.21 %, respectivamente.

Se realizó un diseño de mezcla asfáltica patrón en caliente, la cual se compone por piedra chancada al 40.0%, arena chancada al 24.0%, arena zarandeada 36.0% y un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.71%. Los resultados del diseño patrón fueron; estabilidad de 1136kg; flujo de 3.30 y un % vacíos de 4.0%.

Se determino las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibra de abacá al 1.0%, 1.5% y 2.0%, teniendo como resultados valores de estabilidad de 942kg, 1001kg, y 1078kg; valores de fluencia de 2.88, 2.62, y 2.46 y un contenido de vacíos de 4.11%, 4.12%, y 4.83%, respectivamente.

Se determino las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con adición de cal hidratada al 1.0%, 1.5% y 2.0%, teniendo como resultados valores de estabilidad de 1181kg, 1266kg, y 1281kg, valores de fluencia de 2.96, 3.56, y 3.73 y un contenido de vacíos de 3.61 %, 3.73 %, y 4.21 %, respectivamente.

Se realizó un análisis de varianza sobre los efectos que tiene la adición de la fibra de abacá y la cal hidratada en comparación de la mezcla asfáltica patrón. Los resultados mostraron diferencias significativas en la estabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar fibra de abacá al 1.0% y 1.5%, así como cal hidratada al 1.5% y 2.0%. Del mismo modo, se observaron cambios en la fluencia al agregar fibra de abacá en los porcentajes de 1.0%, 1.5% y 2.0%, y cal hidratada al 2.0%. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en relación al porcentaje de vacíos al incluir fibra de abacá y cal hidratada en la mezcla asfáltica.

## REFERENCIAS

- [1]. O. Adrianzen, J. Azula, C. Pacherras y S. Muñoz. "Uso de distintos tipos de fibras para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica": Una revisión literaria. 2022.
- [2]. A. Al-Bdairi et al. 2020. Improving the properties of asphalt mixture using fiber materials.
- [3]. F. Alkhafaji, A. Alwash, and I. Almajeed. "Investigative tests on the performance of asphaltic mixtures modified by additive combinations" (hydrated lime and polypropylene. 2018.
- [4]. A. Chomicz, K. Maciejewski, M. Iwański and K. Janus. "Effects of zeolites and hydrated lime on volumetrics and moisture resistance of foamed warm mix asphalt concrete". 2021.
- [5]. A. Diwarma, E. Prahara, and O. Setyandito. "The effect of hydrated lime addition in improving the moisture resistance of hot mix asphalt" (HMA).2020
- [6]. N. Hamzah, N. Yusof, A. Derahman and M. Mohamad. "Evaluation of Hot Mix Asphalt Mixtures Design Modified with Hydrate Lime". 2020
- [7]. S. Han, S. Dong, Y. Yin, M. Liu and Y. Liu. "Study on the effect of hydrated lime content and fineness on asphalt properties". 2020.
- [8]. K. Kikut, A. Baldi and A. Elizondo. "Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte". 2020
- [9]. H. Man, H. Zhang and L. Jifa. "Asphalt pavement coated by hot-pressed hydrated lime". 2019
- [10]. H. Pazmiño, H. Romero y M. Sánchez. "Diseño de una mezcla asfáltica incorporando fibra de abacá con cal como materiales de refuerzo al comportamiento Marshall". 2022.
- [11]. K. Quiñones. "Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Avenida Alfonso Ugarte (tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el Distrito de Hualhuas, Provincia de Huancayo 2016". 2017.
- [12]. J. Quispe. "Influencia de la adicción de Cal hidratada o cemento a la estabilidad y fluencia dentro del diseño mezcla asfáltica en caliente, Pilcomayo – 2018".
- [13]. J. Ramos y R. Zumidio. "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada, Av. San Diego". 2022.
- [14]. M. Shakeil and A. Kumar. "Improvising the Quality of Asphalt Mix Using Marle Dust and Banana Fiber". 2022.
- [15]. H. Shanbara, A. Dulaimi and T. Al-Mansoori. "Studying the mechanical properties of improved cold emulsified asphalt mixtures containing cement and lime". 2021
- [16]. F. Valera. "Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica. 2018".
- [17]. Y. Wang. "Research on thickness problem of pavement asphalt layer based on energy dissipation. 2023".
- [18]. G. Yalico. "Influencia de la fibra de bagazo de caña en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica Chiclayo-Lambayeque. 2022".
- [19]. J. Delgado. "Influencia de la fibra de bambú en las propiedades de mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Tumbes, 2022".
- [20]. R. Adatao. "Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz. 2019.