

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica  
adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos  
flexibles**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Eduardo Torres Mera**

**ASESOR**

**Manuel Alejandro Borja Suarez**

**<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>**

**Chiclayo, 2025**

**Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla  
asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el  
uso de pavimentos flexibles**

PRESENTADA POR

**Eduardo Torres Mera**

A la Facultad de ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
Para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Ángel Alberto Lorren Palomino  
PRESIDENTE

Atilio Rubén López Carranza  
SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suarez  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedicar este estudio no solo a mis padres sino también a Dios por ayudarme siempre en cada día de mi vida ya que fueron el empuje que necesité siempre para salir adelante y no decaer en varios momentos de la carrera donde quise tirar la toalla.

También dedico este trabajo a mi hermana que nunca me dejó y me apoyo no solo emocionalmente sino también económicamente para cualquier trabajo de la universidad que necesitara.

En conclusión, todo este esfuerzo es por mi familia y para mi familia que más adelante espero saber recompensar.

## **Agradecimiento**

Muy agradecido con Dios, con mi familia y con mi asesor por ayudarme con su sabiduría y experiencia ya que me sirvió de mucho sus consejos para la realización de esta investigación.

# EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONÁNDOLE FIBRA DE BAMBÚ EN 1%,2% Y 3% PARA EL USO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>15%</b>	<b>3%</b>	<b>8%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>cdn-web.construccion.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.executivebs.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to uncedu</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>Revisión de la literatura .....</b>	<b>12</b>
<b>Materiales y Métodos .....</b>	<b>34</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>79</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>117</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>119</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>122</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>123</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>126</b>

## Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar las características físicas y mecánicas del asfalto con adición de hilas de bambú como material natural que puede brindar resistencia a la mezcla. Las hilas de caña actúan como una red que proporciona resistencia a tensiones provocadas por cargas específicas o cíclicas. Es obligatorio el uso de áridos procedentes de asfalto PEN 60/70 y de cantera de 3 tomas, probados según los procedimientos y especificaciones del MTC. Comparando los resultados obtenidos, el asfalto adicionado con hilas de caña tiene una fluidez ligeramente reducida (8,20 mm) en comparación con el asfalto tradicional (8,51 mm). Por consiguiente, se pudo ver que el equilibrio del asfalto tradicional fue de 3390 kg, mientras que el asfalto adicionado adecuado que contenía 1% de hilera de caña fue de 3407,67 kg. Es decir, el hormigón asfáltico adicionado puede resistir el desplazamiento y la deformación bajo cargas de tráfico moderado. Además, se determinó otras propiedades como la adhesividad de los materiales donde la mezcla asfáltica óptima fue la de 1% con 11.66% de desgaste con respecto a la convencional que fue de 14.37 % de desgaste, es decir la mezcla con fibra tuvo menos porcentaje de desgaste y por consiguiente mayor resistencia, igualmente pasó cuando vimos la propiedad de resistencia al envejecimiento donde la mezcla con adición de 1% fue la óptima con 13.85 % de desgaste con respecto a la convencional que fue de 16.68 % de desgaste, es decir la mezcla con fibra tuvo menos porcentaje de desgaste y por consiguiente mayor resistencia, lo mismo pasó cuando vimos la propiedad de resistencia a la temperatura donde la mezcla con dosificación de 1% fue la óptima con 13.42 % de desgaste con respecto a la tradicional que fue de 15.48% de desgaste, es decir la mezcla con fibra tuvo menos porcentaje de desgaste y por consiguiente mayor resistencia. Otra propiedad que se vio también fue la de resistencia al agrietamiento por flexión donde la mezcla con adición de 1% fue la óptima con 0.57 KJ/m<sup>2</sup> de resistencia con respecto a la convencional que fue 0.53 KJ/m<sup>2</sup> de resistencia, es decir la mezcla con fibra tuvo más resistencia al agrietamiento y por último se vio la propiedad de índice de rugosidad que es el acabado del pavimento donde la mezcla con adición de 3% fue la óptima con 1.94 mm de macrotextura con respecto a la mezcla convencional que tuvo 0.93 mm de macrotextura, es decir la mezcla con fibra tuvo mejor macrotextura y por consiguiente una mejor adherencia entre el vehículo y el pavimento. Entonces, el adición de fibras de bambú en el asfalto tradicional mejora significativamente sus propiedades físicas y mecánicas, reduciendo así las frecuentes fallas de los pavimentos flexibles provocadas por los efectos del clima y el transporte de carga pesada. Para finalizar se vio el lado económico donde

la mezcla convencional resulta más económica en el diseño inicial, pero si comparamos a largo plazo resultaría beneficioso optar por la mezcla con adición ya que evitarías gastos en mantenimiento de carreteras debido a la alta capacidad que tiene este pavimento modificado para resistir cargas y deformaciones, además de contribuir al medio ambiente con la utilización de este material ecológico.

Palabras claves: mezcla asfáltica, fibra de bambú, propiedades mecánicas y físicas

### Abstract

This study aimed to evaluate the physical and mechanical characteristics of asphalt with the addition of bamboo rows as a natural material that can provide strength to the mixture. The rows of cane act as a network that provides resistance to stresses caused by specific or cyclic loads. The use of aggregates from PEN 60/70 asphalt and from a 3-shot quarry is mandatory, tested according to the procedures and specifications of the MTC. Comparing the results obtained, the asphalt added with cane rows has a slightly reduced fluidity (8.20 mm) compared to traditional asphalt (8.51 mm). Therefore, it could be seen that the balance of the traditional asphalt was 3390 kg, while the appropriate added asphalt containing 1% of cane rows was 3407.67 kg. That is, the added asphalt concrete can resist displacement and deformation under moderate traffic loads. In addition, other properties were determined such as the adhesiveness of the materials where the optimal asphalt mixture was 1% with 11.66% wear with respect to the conventional one which was 14.37% wear, that is, the mixture with fiber had a lower percentage of wear and therefore greater resistance, the same happened when we saw the property of resistance to aging where the mixture with the addition of 1% was optimal with 13.85% wear with respect to the conventional one which was 16.68% wear, that is, the mixture with fiber had a lower percentage of wear and therefore greater resistance, the same happened when we saw the property of resistance to temperature where the mixture with 1% dosage was optimal with 13.42% wear with respect to the traditional one which was 15.48% wear, that is, the mixture with fiber had a lower percentage of wear and therefore greater resistance. Another property that was also seen was the resistance to flexural cracking where the mixture with the addition of 1% was optimal with 0.57 KJ/m<sup>2</sup> of resistance with respect to the conventional one which was 0.53 KJ/m<sup>2</sup> of resistance, that is, the mixture with fiber had more resistance to cracking and finally the roughness index property was seen, which is the pavement finish where the mixture with the addition of 3% was optimal with 1.94 mm of macrotexture with respect to the conventional mixture which had 0.93 mm of macrotexture, that is, the mixture with fiber had better macrotexture and therefore better adherence between the vehicle and the pavement. Thus, the addition of bamboo fibers to traditional asphalt significantly improves its physical and mechanical properties, thus reducing the frequent failures of flexible pavements caused by the effects of the weather and the transport of heavy loads. Finally, the economic side was seen where the conventional mix is more economical in the initial design, but if we compare in the long term it would be beneficial to opt for the mix with addition since it would avoid expenses

in road maintenance due to the high capacity of this modified pavement to resist loads and deformations, in addition to contributing to the environment with the use of this ecological material.

Keywords: asphalt mixture, bamboo fiber, mechanical and physical propertie

## Introducción

Las carreteras son puntos centrales de concentración y desarrollo, y una fuente incansable de conmutación comercial. Por eso, en todo el mundo sus requisitos básicos se refieren a la seguridad, el confort y la economía. Debido a deslizamientos de tierra a gran escala, avalanchas, cambios extremos de temperatura y otros fenómenos naturales provocados por el calentamiento global. Por consiguiente, las inundaciones causadas por roturas de tuberías de agua y alcantarillado, poco drenaje, diseño inadecuado de la construcción, procesos de construcción y agregados inadecuados provocan una longevidad prematura a la capa asfáltica. No ha llegado al final de su vida útil prevista.

Por consiguiente, es necesario conseguir materiales resistentes que den pase a su utilización adecuada y aumenten la durabilidad de la mezcla, lo que llevó a este estudio. Estas medidas están diseñadas para avanzar en el plan de neutralidad de huella de carbono.

Entonces esta investigación tiene como material principal el bambú ya que es un producto vegetal renovable buscado a nivel mundial para ser utilizado en diversas ramas, como la industrialización y la construcción, donde aseguraremos su uso ecológico para mejorar la resistencia de la mezcla asfáltica; por consiguiente, se espera alargar la vida de las carreteras y así evitar gastos excesivos en mantenimientos.

Por lo tanto la presente tesis consiste en evaluar las características físicas y mecánicas del asfalto en caliente con adición de 1 %, 2% y 3% de hileras de caña, por consiguiente se acopió información con respecto al tema, para lo cual se planteó la siguiente interrogante: ¿ De qué manera influye el uso de hileras de caña para el mejoramiento de las propiedades mecánicas y físicas del asfalto para el uso de pavimentos flexibles?; la investigación se probó con el adición de hileras de bambú en diferentes adiciones con el fin de mejorar propiedades de la mezcla modificada, además de darle una solución ecológica, para ello, se planteó la siguiente posibilidad: El adición de hileras de caña ira a mejorar las características mecánicas y físicas del asfalto que puede ser usado para la construcción de pavimentos flexibles, siendo así la meta general: Analizar el desempeño mecánico y físico del asfalto con adición de hileras de caña en diferentes porcentajes con respecto al asfalto

convencional para el uso de pavimentos flexibles por consiguiente los objetivos específicos son; determinación de los materiales pétreos, hileras de caña y filler; diseñar el asfalto con adiconamiento de 1%,2% y 3% de hilera ; analizar la deformación y el equilibrio de la muestra experimental; Analizar el asfalto con adiconamiento en diferentes porcentajes a la fisuración por flexión, a la resistencia al envejecimiento, al índice de rugosidad, a la adhesión de sus materiales y a la resistencia a la T°; Comparar el asfalto con adiconamiento de hileras de caña en diferentes porcentajes con respecto a la muestra tradicional, en las características al agrietamiento por flexión, a la resistencia al envejecimiento, al índice de rugosidad, a la adhesión de sus materiales y a la resistencia a la temperatura; Comparar económicamente el asfalto con dosificación de fibra en diferentes porcentajes con respecto a la muestra tradicional.

En esta investigación Realizamos pruebas experimentales en las que se agrega fibras de bambú al asfalto, comparándola con el asfalto tradicional. se recopilaron datos mediante pruebas realizadas en laboratorio de mecánica de suelos de la (USAT, Chiclayo), donde se caracterizaron los materiales para posteriormente empezar con el diseño del asfalto tradicional y una mezcla adicionada que va a contener diferentes porcentajes de hileras de caña en relación en la masa de las briquetas patrones para luego ensayarlas y obtener los resultados deseados.

## Revisión de la literatura

### Antecedentes

Entre las diversas bibliografías sobre este tema, se considera oportuno realizar los siguientes estudios:

Utilice vidrio esmerilado para reducir la contaminación del asfalto. El objetivo de este estudio fue utilizar vidrio triturado en la producción de asfalto para reducir las contaminaciones ambientales. Estos estudios abarcaron desde el manejo de material pétreo, hasta el diseño y análisis mecánico de las propiedades de estos, hasta la adición de arena de vidrio a las mezclas asfálticas. Se realizaron pruebas para determinar el tamaño de grano, equivalente de arena, abrasión del agregado en presencia de sulfato. Por ello realizamos ensayos de punto de inflamación, ablandamiento por penetración, viscosidad, durabilidad, propiedades físicas, etc. Determinar las propiedades y características del asfalto utilizado y si cumple con las normas establecidas. El material base fue asfalto simple utilizando el proceso Marshall y sin adición de vidrio esmerilado. Su muestra consta de seis modelos con diferentes proporciones de vidrio molido en la mezcla asfáltica (0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15, etc.) y es similar a los resultados de Marshall. [6].

La meta de este estudio es difundir sabiduría y promover mejoras en la infraestructura vial, centrándose en la efectividad de los terraplenes (Superpave). Se ha descubierto que añadir una cantidad suficiente de relleno mejora la compacidad de la mezcla. Cuanto mayor sea la calidad, mejor será el funcionamiento mecánico y mejores serán los resultados [7].

Aunque no se puede encontrar una empresa en Costa Rica que ofrezca mezclas asfálticas modificadas con fibras naturales, MECO ha producido una mezcla asfáltica a base de polímeros tipo RET. Este aditivo garantiza una alta resistencia a la deformación en el asfalto debido a su efecto químico con los asfaltenos presentes en la mezcla [8].

Entre los estudios sobre transformación el asfalto solo se hayo una referencia a un estudio que analizó la estabilidad y deformación del asfalto de fibras celulósicas en comparación con el asfalto original. Aquí se utiliza las hileras de coco como material para modificar la mezcla.

Según esta teoría, el asfalto de celulosa es un material impermeable, duradero y resistente a la rodadura. [9].

Agregar aditivos o materiales sintéticos al asfalto para mejorar algunas de sus características es muchas veces la única forma de diseñar asfalto específico. Este proyecto indagó si las hileras de caña de la especie *Guada angustifolia* pueden contribuir a la deformación cíclica del asfalto. El objetivo es investigar materiales sostenibles y rentables para el diseño mixto. La construcción sustentable es un desafío para el sector y, si bien los departamentos de ingeniería civil están liderando el camino, es necesario realizar investigaciones más profundas sobre el tema en áreas específicas, incluidos cursos de posgrado en algunas universidades. país tecnológico llamado costa rica [24].

### **Bases Teóricas**

#### **Mezclas de Asfalto**

El asfalto está formado por un ligante asfáltico y aditivos parcialmente aglomerados entre ellos, y los áridos se cubren con una capa uniforme de asfalto, formando una capa de gran durabilidad [8].

#### **Características del Asfalto**

El asfalto caliente de alta calidad funciona bien porque está diseñado, fabricado e instalado para lograr las características deseadas. Hay varias características que contribuyen a la calidad superior de los pisos de mezcla en caliente. Estos incluyen durabilidad, estabilidad, impermeabilidad y procesabilidad [12].

##### **a) Estabilidad**

El equilibrio del asfalto es su capacidad para soportar el desplazamiento y la deformación debido a las cargas del tráfico. Los pavimentos estables pueden mantener su forma y suavidad bajo cargas repetidas, mientras que los pavimentos inestables desarrollan surcos (surcos), ondulaciones (ondulaciones) y otros signos de cambio de mezcla [12].

Tabla 1: Origen y consecuencias de inestabilidad en el pavimento

CAUSAS	EFFECTOS
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones y afloramiento o exudación.
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente, dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas superficies trituradas	Ahuellamiento y canalización.

Fuente: Ms #22: Principios de Construcción de Pavimentos asfálticos

### b) Durabilidad

Generalmente, la vida útil del asfalto se puede mejorar de tres maneras. Estos son: utilizar la mayor cantidad de asfalto posible, utilizar una gradación densa de áridos separables y diseñar y compactar la mezcla lo más densamente posible. [12].

Tabla 2: Origen y consecuencias de durabilidad en el pavimento

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfaltos	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por perdido de agregado.
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración
Agregados susceptibles al agua	Películas de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado o desintegrado.

Fuente: Ms #22: Principios de Construcción de Pavimentos asfálticos

### c) Impermeabilidad

La baja permeabilidad del pavimento se refiere al aguante al paso del aire y del agua a través del pavimento. Esta propiedad está encadenada con el contenido de huecos de la mezcla compactada, y gran parte de la discusión sobre los surcos en la sección de diseño de la mezcla está relacionada con la impermeabilidad. La cantidad de los huecos indica el potencial de que el aire y el agua fluyan a través de la carretera, pero el tipo de huecos es muy importante debido a la cantidad de huecos [12].

Tabla 3: Origen y consecuencias de impermeabilidad en el pavimento

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causaran tempranamente un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento causando oxidación y desintegración de la mezcla.
Compactación Inadecuada	Resultaran vacíos altos en el pavimento, lo que conducirá una infiltración de agua y baja estabilidad.

Fuente: Ms #22: Principios de Construcción de Pavimentos asfálticos

#### d) Trabajabilidad

La procesabilidad se expresa por la homogeneidad y consolidación de la mezcla vial. Mezcla de fácil manejo, fácil aplicación y compacta. Los artículos que son difíciles de manejar serán difíciles de almacenar y se volverán compactos [12]

Tabla 4: Origen y consecuencias de trabajabilidad en el pavimento

CAUSAS	EFFECTOS
Tamaño máximo de partícula grande	Superficie áspera, difícil de colocar
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar.
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable, superficie áspera y difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierra altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar y poco durable.

Fuente: Ms #22: Principios de Construcción de Pavimentos asfálticos

## **Materiales pétreos**

### **Importancia del agregado en una mezcla asfáltica**

En la elaboración de asfalto en caliente involucra dos materiales importantes: El material pétreo y asfalto. En este caso se utiliza asfalto PEN 60/70. El agregado es muy importante porque constituye del 90 al 95 por ciento en peso y del 75 al 85 por ciento en volumen del asfalto. Cabe señalar que la calidad del asfalto depende de la calidad de los componentes, y la capacidad de carga de las capas la garantiza básicamente el material pétreo. Por ello, es importante la correcta selección y manejo de las piedras utilizadas en la producción de mezclas asfálticas, sobre todo teniendo en cuenta la buena dispersión de las partículas [12].

### **Definición:**

El material pétreo es particulado sólido inerte que se mezcla en tamaños de granos graduados de varios tamaños como parte del asfalto en caliente. El material pétreo típico es agregado fino, agregado grueso, filler. El rendimiento del pavimento está muy afectado por la correcta selección del árido, por motivos que el material pétreo por sí mismo proporciona la mayoría de las propiedades de carga [12].

### **Clasificación y producción de agregados:**

#### **Agregados Originario:**

Los materiales pétreos naturales son agregados que se utilizan en su forma natural con casi ningún procesamiento. Están compuestos de partículas creadas por procesos naturales de erosión y descomposición como el viento, el agua y las influencias químicas. La forma de las partículas individuales es, en última instancia, producto de las sustancias que influyen en ellas. De manera similar, el agua que fluye produce partículas suaves y redondas. Los áridos naturales más importantes en la construcción de carreteras son el agregado grueso y el fino [12].

#### **Agregados procesados:**

El material pétreo procesado se refiere al que ha sido triturado y clasificado antes de su uso. Hay dos fuentes principales de agregado tratado. Una es grava natural que se tritura para hacerla apta para pavimentar con asfalto, y la otra es roca o grandes fragmentos de piedra que deben extraerse o triturarse en una planta trituradora antes de usarse para pavimentar. La clase del árido procesado y utilizado en la producción de asfalto caliente está determinada por la clase de la roca extraída en la cantera [12].

### Agregado Artificial:

Los aditivos sintéticos o artificiales no se encuentran en la naturaleza. Estos son los productos del procesamiento físico o químico de materiales. Algunos son subproductos de procesos de producción industrial como el refinado de metales [12].

### Normativa

El objetivo de este apartado es analizar las limitaciones de los ensayos sobre áridos minerales pétreos con el fin de realizar el diseño de asfalto [17].

#### a) Agregados minerales (grava)

Requisitos que debe cumplir este material

Tabla 5: Requisitos para el material pétreo (Grava)

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Procedimientos técnicos de carreteras (MC)

#### a.1) Resistencia al sulfato de magnesio

##### a.1.1) Objetivo

Establecer un método de ensayo para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio [17].

#### a.1.2) Finalidad y alcance

Este modo de operación utiliza una solución saturada de sulfato de sodio o magnesio para medir la desintegración del material pétreo durante un mínimo de 16 horas y un máximo de 18 horas, cubriendo la solución toda la muestra. Después del tiempo de remojo, retire la muestra agregada de la solución y colóquela en un horno de secado. El proceso de alternancia de remojo y secado se repite hasta alcanzar el número requerido de ciclos [17].

#### a.2) **Perdida por desgaste**

##### a.2.1) Objetivo

Realizar un proceso para probar la grava de menos de 37,5 mm (1 1/2 pulg.) de tamaño para determinar su resistencia al desgaste utilizando una máquina de prueba de Los Ángeles [17].

##### a.2.2) Finalidad y alcance

Esta modalidad de proceso mide las etapas normalizadas de degradación de agregados minerales resultantes de una combinación de acciones como abrasión, abrasión, impacto y trituración en un tambor de acero giratorio con un número fijo de bolas de acero. patrón de prueba. A medida que el tambor gira, la muestra y las bolas de acero son recogidas por la brida de acero y transportadas hasta que son lanzadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto aplastante debido al impacto. El ciclo se repite a medida que el tambor gira con su contenido. Después de un cierto número de revoluciones, el material agregado se retira del tambor, se tamiza y se mide su deterioro como tasa de pérdida [17].

#### a.3) **Partículas chatas y alargadas**

##### a.3.1) Objetivo

Identificar los problemas de usar gravas con formas alargadas y planas en la elaboración de asfalto en caliente. [17].

##### a.3.2) Finalidad y alcance

Este método de prueba produce agregados planos y alargados que son perjudiciales para las mezclas asfálticas. Si prácticas en el laboratorio, la prueba se puede completar en 2 horas.

#### a.4) Caras fracturadas

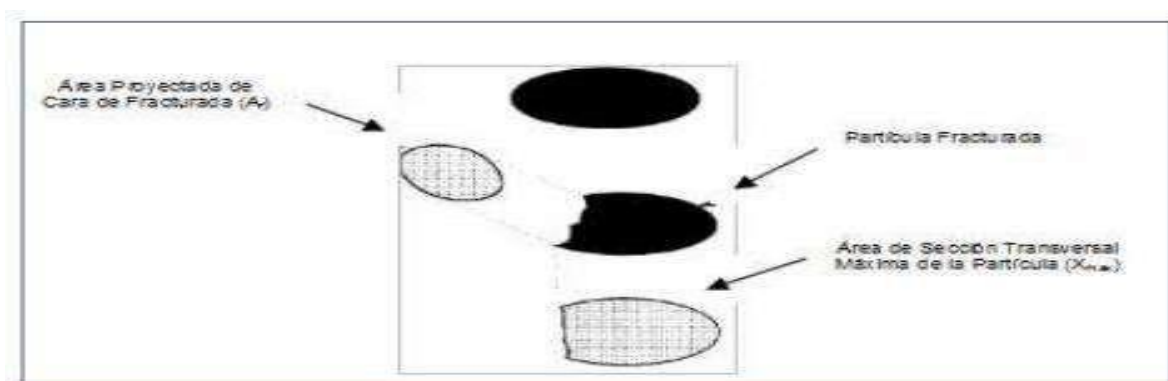
##### a.4.1) Objetivo

Este método de prueba mide la fracción de masa o volumen de muestras de grava que contienen partículas rotas y cumplen requisitos específicos [17].

##### a.4.2) Finalidad y alcance

Algunas consideraciones incluyen requisitos para el porcentaje de partículas de fractura en la grava. Uno de los objetivos de tal requisito es optimizar el esfuerzo cortante aumentando el rozamiento entre partículas tanto en mezclas de agregados sueltos como compactados. Otro propósito es proporcionar estabilidad al tratamiento superficial de agregados y proporcionar fricción texturizada a los agregados utilizados en pavimentación de superficies granulares. Este método de prueba proporciona un procedimiento estándar para determinar la idoneidad de los agregados gruesos para estos requisitos [17].

Figura 1: Agregado pétreo (Grava) con una cara de fractura)



Fuente: MTC

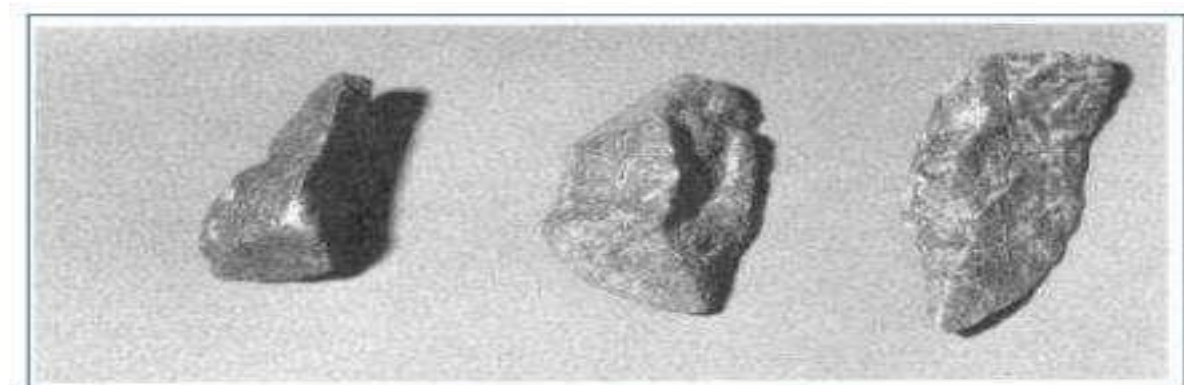
##### a.4.3.2) Procedimiento operatorio

La muestra se lava con un tamiz diseñado para mediciones destructivas de partículas para eliminar las partículas restantes y se seca hasta obtener una masa constante. Determine la masa de la muestra utilizando al menos el 0,1% de la masa de la muestra seca original para todas las mediciones de masa posteriores [17].

Extienda la muestra de prueba seca sobre una superficie larga, plana y limpia para que cada partícula pueda examinarse cuidadosamente. Para garantizar que las partículas cumplan con los criterios de falla, tome muestras de las partículas de agregado para que la superficie pueda

observarse directamente. Si la pared tiene al menos un cuarto del área de sección transversal máxima de las partículas de roca, se considera una pared rota [17].

Figura 2: Partículas fracturadas (bordes agudos, superficies rugosas)



Fuente: MTC – Manual de ensayo de materiales

#### **a.5) Sales solubles**

##### **a.5.1) Objetivo**

Determinación de un método razonado de cristalización para determinar la cantidad de sales solubles en agua de agregados utilizados en la estabilización de materiales base y mezclas asfálticas [17].

##### **a.5.2) Finalidad y alcance**

El espécimen de árido se lava continuamente con agua destilada a temperaturas altas hasta que se extraen por completo las sales. La presencia de estas sustancias se detecta mediante reactantes químicos. Los reactantes químicos forman precipitados claramente visibles incluso en presencia de pequeñas cantidades de sal. Tome una alícuota de toda el agua de lavado y mida la cantidad de sal cristalizada presente [17].

#### **a.6) Absorción**

##### **a.6.1) Objetivo**

Establecer un indicador para determinar el peso específico seco, el peso específico de la superficie saturada seca, el peso específico aparente y la cantidad de absorbencia (después de 24 horas) del agregado grueso. La absorción de materia seca por gravedad y superficie saturada se basa en áridos sumergidos en agua durante 24 horas. Este modo de funcionamiento no se aplica a las unidades de iluminación [17].

### a.6.2) Finalidad y alcance

El espécimen de pétreo se remoja en agua durante aproximadamente 1 día para casi llenar los poros. Luego sácala del agua, deja que el agua se seque de la superficie de la partícula y pésala. Luego se mide el peso de la muestra mientras se sumerge en agua. Finalmente, la muestra se seca en estufa y se pesa por tercera vez. Utilizando los pesos y fórmulas así obtenidos, en este modo se pueden calcular tres tipos de gravedad específica y absorción [17].

### b) Agregados Pétreos (Finos)

Requisitos de los agregados pétreos (Finos):

Tabla 6: Requisitos para el material pétreo

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Procedimientos técnicos de carreteras (MC)

### b.1) Equivalente de arena

b.1.1) Este procedimiento de prueba está destinado a ofrecer como un proceso rápido de correlación de campo. El objetivo de este proceso es indicar las proporciones relativas de suelo arcilloso o partículas plásticas y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan a través de un tamiz No. 4 (4.75 mm) en condiciones ambientales. El término "equivalente de arena" se refiere a la definición de que la mayoría de los suelos granulares y agregados finos son una mezcla de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcilla o plásticos finos y polvo indeseables [17].

## **b.2) Azul de metileno**

### b.2.1) Objetivo

Esta norma especifica un método para encontrar la cantidad de sustancias peligrosas (incluidas arcilla y materia orgánica) en la fracción estrecha de los agregados midiendo el valor del azul de metileno [17].

### b.2.2) Finalidad y alcance

Este proceso puede requerir materiales, mano de obra y equipos peligrosos. Esta regla no pretende abordar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del empleador establecer prácticas seguras de salud y seguridad y determinar cualquier restricción legal que se aplique antes de su uso [17].

## **b.3) Índice de plasticidad**

### b.3.1) Objetivo

El (IP) es un indicador que muestra el rango de variación del contenido de humedad en el que un suelo se mantiene plástico. [17].

### b.3.2) Finalidad y alcance

Es un indicador físico que se asemeja con la facilidad de manejo del suelo, por una parte, y con el contenido y tipo de material presente en el suelo, por otra: Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:  $IP = LL - LP > 10$  plástico [17].

## **b.4) Absorción**

### b.4.1) Objetivo

Reestablecer un componente gaseoso deseado eliminando un componente gaseoso no deseado. Se puede tratar, por ejemplo, desterramiento de una sustancia perjudicial de una corriente de gases residuales. [17].

### b.4.2) Finalidad y alcance

El peso específico se utiliza comúnmente para calcular el volumen llenado por el agregado en mezclas que contienen varios materiales, incluido el concreto bituminoso y otras mezclas analizadas sobre una base volumétrica. Esto también se utiliza para calcular los huecos de masa para la prueba MTC E 203 [17].

## Gradación Para asfalto en caliente

La nivelación de asfalto caliente (MAC) debe adaptarse a varias zonas de tamaño de grano:

Tabla 7: Requisitos del material pétreo

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Procedimientos técnicos de carreteras (MC)

## Filler

El filler es un producto popular en polvo (normalmente cemento o cenizas una central de temperatura) o una molécula de piedra caliza especialmente preparado para su uso en masillas, generalmente en asfalto [14].

## Concreto asfáltico

Los concretos asfálticos utilizados en adhesivos y asfaltos en caliente se clasifican según su adherencia absoluta y penetración. Este material se emplea de acuerdo con las características climáticas locales, el correspondiente diagrama de viscosidad del cemento asfáltico, establecido en el proyecto y aprobado por el director de obra, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 8: Forma de seleccionar el C.A

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Procedimientos técnicos de carreteras (MC)

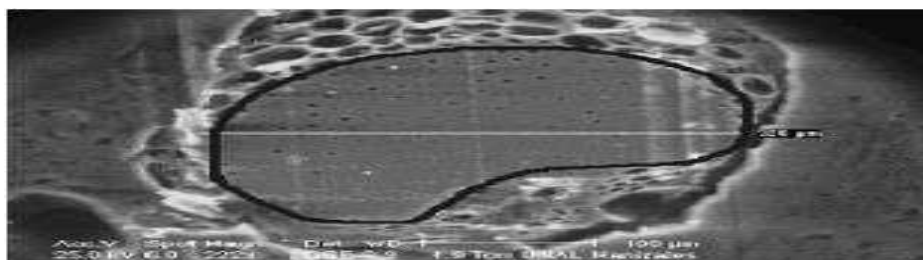
### Fibra de bambú

Las hileras de bambú están hechas de materiales naturales, el 65% de las cuales son celulosa, un biopolímero a base de polímeros sintetizados biológicamente, la mayoría de los cuales se incorporan a materiales como el hormigón y el asfalto [4].

Esta hilera pertenece a la especie de Guadua bambú angustifolia y se caracteriza por una alta resistencia a la deformación y se utiliza en el rubro ingenieril. A continuación, se muestra la estructuración química de las fibras mediante un escáner. Las hileras son responsables de la resistencia al estrés de deformación y se caracterizan por una forma fina y cónica y una textura voluminosa [4].

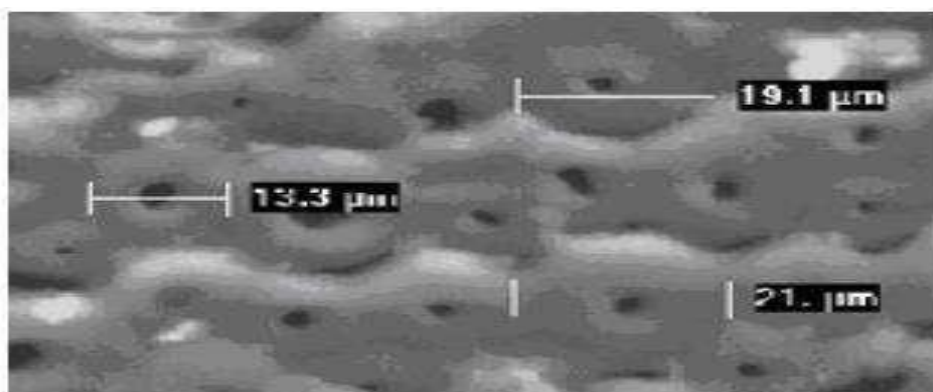
Las fibras representan del 40 al 50% de su estructuración y del 60 al 70% del peso total de la caña. En este trabajo de investigación, la estructura interna de las fibras tiene paredes insertadas en diferentes direcciones, lo que aumenta la deformación mecánica de las fibras y, por lo tanto, es probable que el asfalto mejore la deformación. Características del daño [4].

Figura 3: Fotomicrografía de la sección transversal de la hilera del bambú



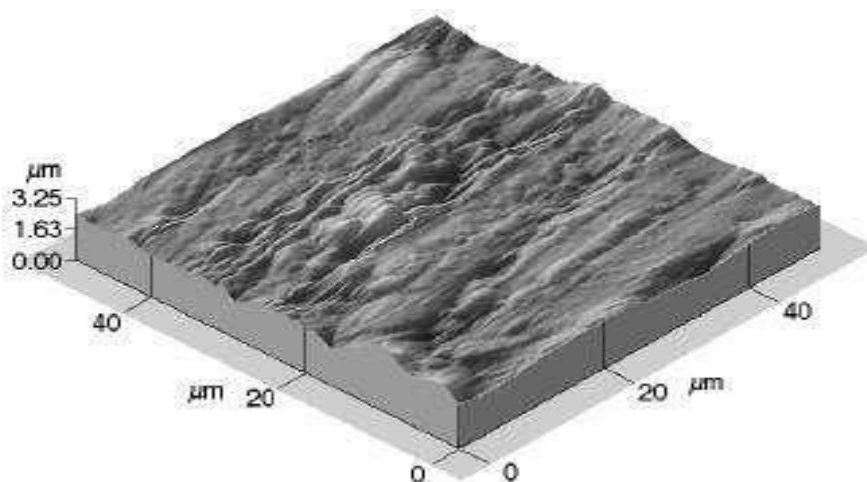
Fuente: Estructuración de fibra de bambú, pág. 215

Figura 4: Fotomicrografía de su forma geométrica de la hilera de bambú



Fuente: Estructuración de fibra de bambú, pág. 215

Figura 5: Fotomicrografía en 3D del relieve superficial de la fibra de bambú



Fuente: Estructuración de fibra de bambú, pág. 215

En los estudios anteriores, la tomografía se realizó ortogonalmente al eje de la hilera para evaluar las propiedades físicas internas. Uno de los hallazgos fue la forma irregular de las fibras, que les permite resistir tensiones mecánicas y la adhesión entre la matriz y las fibras [4].

También se considera una ventaja el corto período de crecimiento (5 años) durante el uso en comparación con la madera convencional (40 años) [16]. También cabe mencionar que los materiales transformados requieren un alto gasto energético. Por lo tanto, el bambú como material orgánico puede cumplir con las siguientes condiciones básicas para el futuro de la humanidad: Reducir el gasto de energía y recursos orgánicos, reducir el dióxido de carbono y mantener el medio ambiente sano [15].

Figura 6: Planta de bambú



Fuente: Autor

### **Pruebas que se Realizaran Para el Desarrollo de la Investigación Método Marshall**

A partir de la elaboración y condensación de una muestra de mezcla de pavimento asfáltico con una altura nominal de 64 mm y un diámetro de 102 mm, se determina el diseño del asfalto y sus diversas condiciones de desempeño mediante el proceso manual Marshall [17].

Finalidad y alcance

- En particular este modo de funcionamiento está orientado a la posterior compactación de muestras de pavimentos asfálticos fabricados en fábrica que contengan mezclas bituminosas y hasta 25 mm de árido [17].
- Muestras de asfalto comprimidas preparadas mediante este método se utilizan para diversas pruebas físicas como el equilibrio, fluidez, resistencia a la tracción indirecta y módulo de elasticidad [17].
- Equilibrio general y valores de deformación, incluyendo densidad, huecos en toda la mezcla, huecos en agregados minerales o huecos rellenos con asfalto simple, o ambos [17].
- El equilibrio Marshall y los caudales determinados en campo a partir de muestras preparadas a partir de mezclas producidas en plantas pueden diferir de los valores de diseño determinados debido a las diferencias en las mezclas presentes entre plantas [17].
- Las diferencias significativas en el equilibrio y la deformación Marshall de un conjunto de pruebas a otro o de promedios de conjuntos de datos grandes o muestras preparadas de mezclas de hierbas pueden deberse a una mezcla deficiente, técnicas de prueba inexactas o aglutinantes [17].

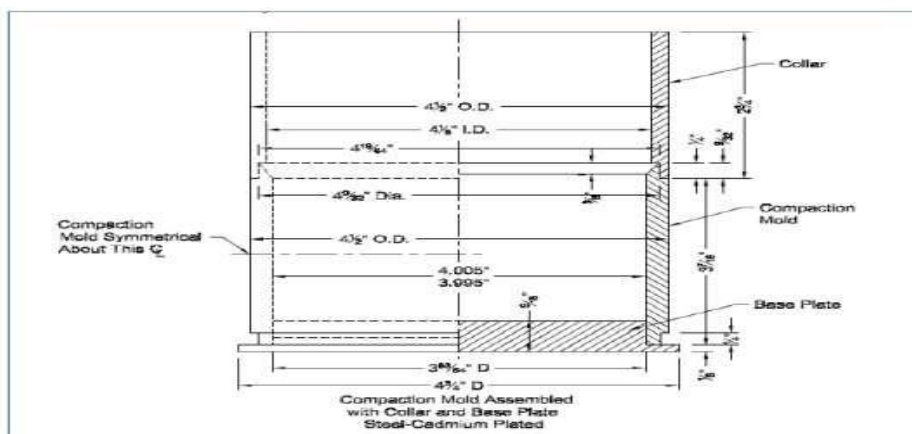
Tabla 9: Requisitos para el Procedimiento Marshall

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: Procedimientos técnicos de carreteras (MC)

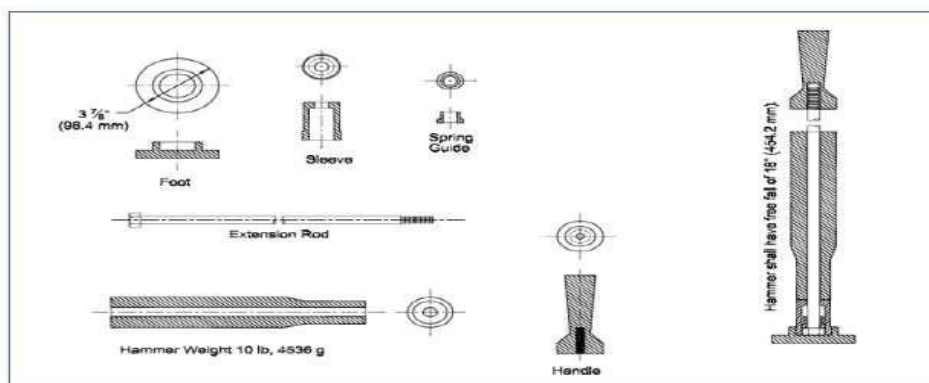
Equipamiento para la Prueba de Estabilidad y Flujo

Figura 7: Molde de compactación



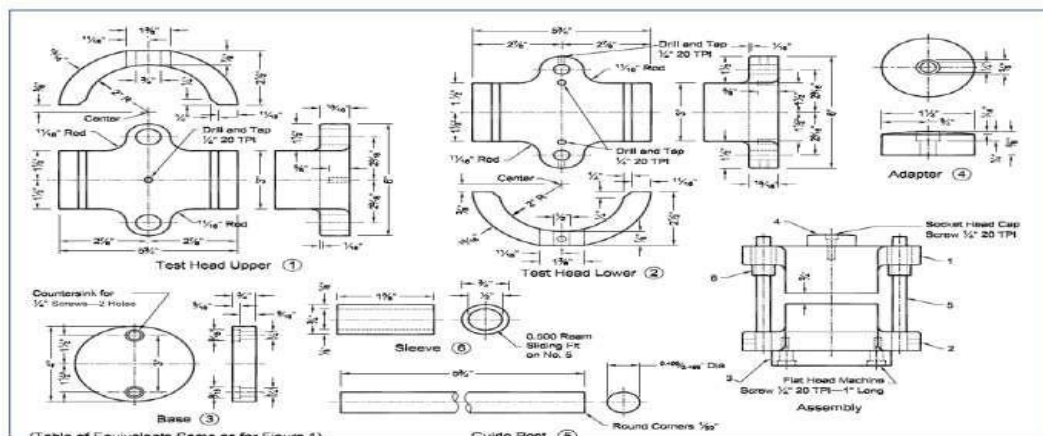
Fuente: MTC

Figura 8: Martillo de compactación



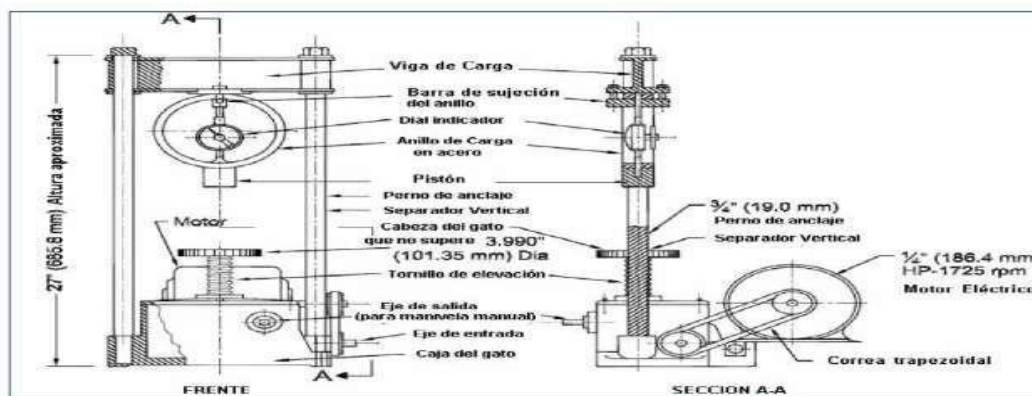
Fuente: MTC

Figura 9: Cabecero de fractura



Fuente: MTC

Figura 10: Maquinaria de cargamento a compresión



Fuente: MTC

### Ensayo de Equilibrio y deformación

- Se experimentarán al menos 03 muestras con la misma calidad y concentración de árido, tipo y cantidad de carga, fuente de conglomerante, calidad y cantidad. Además, las preparaciones como temperatura, compresión y enfriamiento son las mismas [17].
- Luego de la compresión, la muestra debe enfriarse a T° ambiente. Colóquelo sobre un espacio plano hasta que se enfríe [17].
- Calibrar el grosor de las muestras [17].
- Después que la muestra alcance la T° ambiente, se puede preparar para la prueba. El examen se termina dentro de las 20 horas después a la exposición del espécimen [17].
- Las muestras preparadas con asfalto líquido se colocan en un baño de aire durante 120-130 minutos para aumentar la temperatura. Mantener el baño de aire a 25 ± 1 °C [17].

- El tiempo entre la retirada de la muestra del baño y la resolución del cargamento máximo no deberá sobrepasar los 30 segundos. Cargue la muestra a una velocidad constante de 50 mm/min. Hasta que el controlador de carga muestre menos carga. Registre el peso máximo mostrado en la máquina de carga o convierta de la lectura micrométrica de escala superior a la estabilidad Marshall. [17].

### **Ensayo cántabro**

Esta prueba fue hecha para evaluar y caracterizar los ligantes asfálticos utilizados en mezclas de pavimentos asfálticos [19].

Esta prueba permite evaluar indirectamente la adhesión, cohesión y resistencia a la fractura de mezclas frente a impactos abrasivos y de succión del tráfico [19].

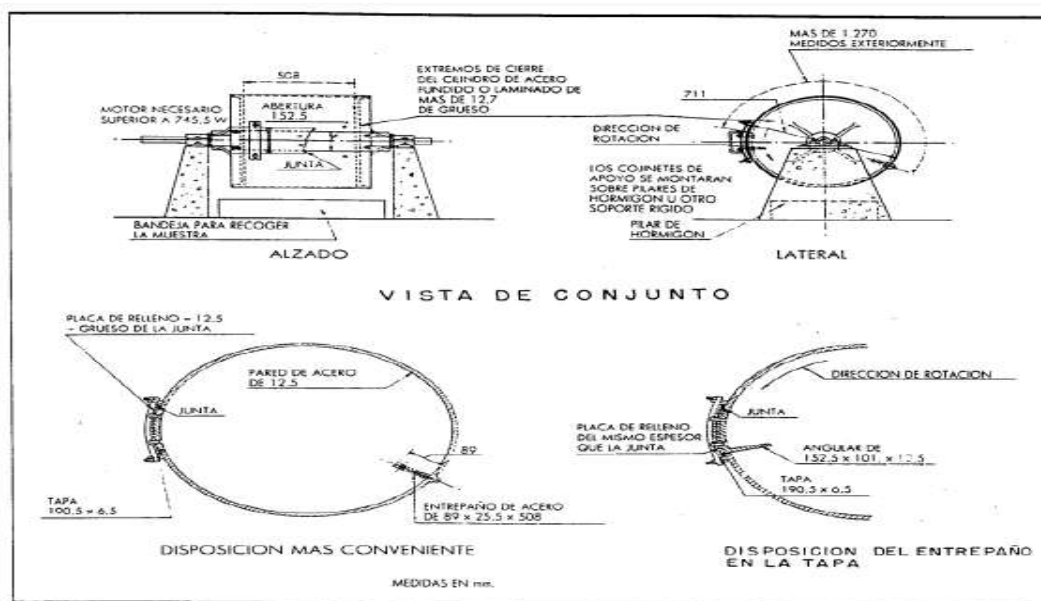
Las características del asfalto estudiado son:

- La fuerza cohesiva o aglutinante de la mezcla [19].
- Sensibilidad al calor. El aglomerante asfáltico es un material viscoelástico, por lo que sus propiedades cambian dependiendo de la  $T^\circ$  y la reiteración de peso [19].
- Adhesión. Se trata de una adhesividad adicional del aglutinante bajo la influencia del agua [19].
- Envejecimiento. Las influencias ambientales (como el aire y el calor) hacen que el aglutinante se oxide y envejezca, lo que hace que la mezcla sea más dura [19]

Para hacer la prueba, se hacen especímenes según el proceso Marshall [19]. El proceso de la prueba es el siguiente:

- 1- Empezamos midiendo la masa de cada muestra con una precisión de 0.1 gr y se registra este valor Q1 [19].
- 2- Luego se inserta la pieza de prueba del tambor de la máquina de Los Ángeles y el tambor se hace rotar a una velocidad constante de acuerdo con la norma NLT-149 de 3,1, 3,5 rad/s (30 rpm) sin ninguna carga abrasiva en las bolas. 33 rpm), para 100, 200 y 300 revoluciones [19].
- 3- Al finalizar la prueba, retirar la muestra y pesarla nuevamente con el mismo valor aproximado de 0,1 gr y registrar este valor como Q2 [19].

Figura 11: Equipo para prueba de cántabro – Equipamiento De los Ángeles



Fuente: Norma NLT – 149/91

### Ensayo circulo de arena

Esta prueba describe el proceso seguir para determinar el estado superficial en los pavimentos mediante circunferencia de arena fina [21].

En general, este ensayo se puede experimentar en todo tipo de superficie de carretera, tanto asfalto como concreto, y se basa en esparcir una determinada cantidad de arena fina sobre la superficie, extenderla y nivelarla con un equipo adecuado [21].

Materiales necesarios

- 3 recipientes para 3 medidas de arena diferentes [21].
- Base para esparcir y nivelar la arena [21].
- Un compás de punta dura para medir hasta un radio de 20 cm [21].
- Una regla de metal o plástico con una longitud mínima de 20 cm y una escala en mm [21].
- 2 contenedores flexibles con una forma ancha con tapón de rosca para transporte de arena [21].
- Cepillo suave [21].
- Agregado fino [21].

### Procedimiento:

- Las zonas por comprobar se seleccionan para que estén claramente señalizadas en la carretera. Se toman al menos cinco muestras para cada prueba [21].
- El radio de la circunferencia debe estar comprendido entre 5 y 18 cm y el tamaño máximo de grano no sea superior a la profundidad media obtenida [21].
- La capa de rodadura de la carretera debe estar seca [21].
- Utilice un rastrillo suave para limpiar la zona de prueba en un radio de aproximadamente 25 cm. [21].
- Llena el recipiente cilíndrico de tu elección con el exceso de arena y golpea el fondo tres veces para compactarlo. Luego utilice una regla para alisar el exceso de arena [21].
- Verter toda la arena del recipiente en la zona de prueba cónica y distribuirla con un movimiento giratorio utilizando el lado plano del cojín hasta crear un área plana en forma de círculo donde la arena llena todas las ondulaciones. Los movimientos de la almohadilla deben ser suaves, sin ejercer presión ni causar deslizamiento en la superficie [21].
- A continuación, mida la mitad de la circunferencia de arena fina con un compás puntiagudo y utilice una regla para determinar el radio con precisión de 1 mm [21].

### Resultados

La profundidad promedio (H) de la arena utilizada se calcula usando la fórmula al 0,05 mm más cercano [21]:

$$H = \frac{V}{3.1416 \times R^2}$$

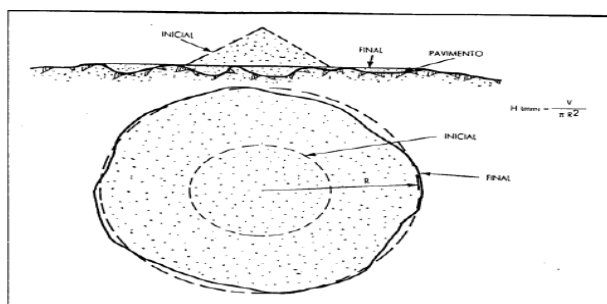
En la que:

H= Macrotextura superficial en (mm)

V= Aforo de la arena a emplear en mm<sup>3</sup>

R= Radio círculo de arena en m

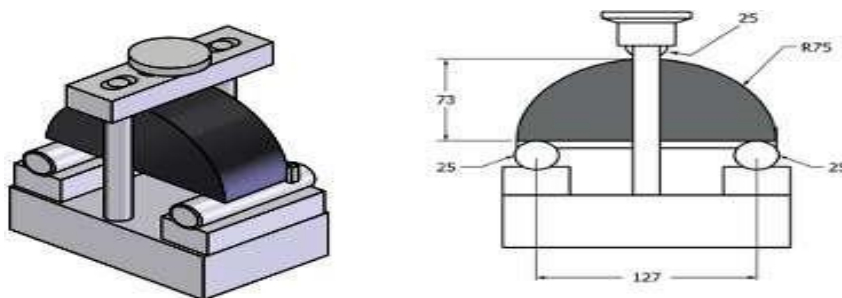
Figura 12: Esquema de la prueba de circunferencia de arena



Fuente: Norma NLT – 335/8

### Ensayo resistencia al agrietamiento con muestras semicirculares a flexión de asfalto en caliente

En el Laboratorio de Transporte y Pavimentación de Lanamme UCR, se hicieron test de resistencia al agrietamiento utilizando muestras semicirculares dobladas de asfalto de alta temperatura según ASTM D 8044-16. Una muestra semicircular se carga a una velocidad constante hasta fallar en una configuración de flexión de tres lados. La rigidez y la deformidad se registran continuamente y los datos se utilizan para calcular la energía de deformidad de las diversas ranuras. A continuación, se calcula la tasa de emancipación de energía  $J_c$ . Se esperan valores elevados de  $J_c$  para mezclas resistentes al agrietamiento. Se recomienda un valor entre 0.5 kJ/m<sup>2</sup> y 0.6 kJ/m<sup>2</sup> para asegurar un asfalto suficientemente fuerte [22]. Figura 13: Muestra semicircular



Fuente: Norma ASTM D 8044-16

La muestra debe tener un área vacía de  $7.0\% \pm 0.5\%$ . Es necesario cortar tres aberturas de 25 mm, 32 mm y 38 mm con una flexibilidad de  $\pm 1.0$  mm. Además, el ancho de la abertura debe ser inferior a 3,5 mm [22].

Figura N°14: Espécimen semicircular con respectiva ranura



Fuente: Norma ASTM D 8044-16

La prueba debe realizarse a la T° intermedia del PG con una exactitud de  $\pm 0,3$  °C. Coloque  $45 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$  como precarga en un tiempo de 30 segundos y luego suelte la precarga. El método de carga es estático y la velocidad es de 0.5 mm/min. Los datos de fuerza, distancia y tiempo deben registrarse a una constancia de 10 Hz. La prueba finaliza cuando llegamos al 25% de la carga máxima. Tasa valorativa de liberación de energía ( $J_c$ ) [22].

$$J_c = \frac{-1}{b} \left( \frac{\partial U}{\partial a} \right)$$

Por consiguiente:

$J_c$ = deformación crítica, kJ/m<sup>2</sup>

$b$ = Grosor de la muestra en metros  $a$ = Abertura en metros

$U$ = Deformación en la fractura (KJ)

$\partial U / \partial a$ = Cambio en la energía de deformación en función del tamaño de la ranura, KJ/m

$$U = \sum_{i=1}^n (u_{i+1} - u_i) \times P_i + \frac{1}{2} \times (u_{i+1} - u_i) \times (P_{i+1} - P_i)$$

Por lo tanto:

$U$  = Deformidad a la falla, kJ  $P_i$  = peso aplicado kN

$P_{i+1}$  = peso aplicado KN

$u_i$  = traslado en el paso de carga  $i$  (m)

$u_{i+1}$  = traslado en el paso de carga  $i+1$  (m)

## Materiales y Métodos

### Tipo de investigación:

- Propósito o finalidad: Investigación aplicada
- Diseño de investigación: Investigación descriptiva
- Tipo de datos analizados: Cuantitativa
- Metodologías de estudios: Experimental

### Estrategias para contrastar la hipótesis:

- Estudio y revisión de investigaciones tanto a nivel internacional como nacional de las aplicaciones del bambú para la fabricación de mezclas asfálticas.
- observar las propiedades mecánicas y físicas de la hilera de caña en la producción de asfalto utilizadas en pavimentos flexibles.

### Variables:

**Autónoma:** Adicionamiento de hilera de caña

**No autónoma:** Características físicas y mecánicas del asfalto Tabla 10: Variables

TITULO	VARIABLE		INDICADOR	INSTRUMENTO
	TIPO			
Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles	INDEPENDIENTE	incorporación de fibra de bambu	cantidad de fibra de bambu en 1%,2%y3%	Balanza
	DEPENDIENTE	PROPIEDADES MECANICAS Y FISICAS DEL ASFALTO	Agrietamiento a flexión	Ensayo de resistencia a flexión
			Resistencia al envejecimiento	Ensayo Cantabro
			Adhesión de los materiales	Ensayo Cantabro
			Susceptibilidad a la temperatura	Ensayo Cantabro
			Estabilidad y Flujo de la muestra	Ensayo Cantabro
		Índice de Rugosidad	Ensayo Circulo de Arena	

Fuente: Autor

## Muestra, Muestreo y Población

### Población

- Considerando que se requieren tres briquetas para cada tipo de asfalto según el Manual de MTC y Especificaciones Técnicas Generales en la Sección de Ensayos Marshall E 504 mientras la población está asociada a la muestra. Porcentaje de hormigón asfáltico utilizado (3 briquetas por cada aumento de %C. A) de MTC
- Según el método de la Asociación de Asfalto, se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo teórico del contenido de concreto asfáltico:

$$Q = 0.035(o) + 0.045(p) + rs + T$$

Donde:

Q = proporción de asfalto con respecto al peso de la mezcla

o = Proporción de material pétreo retenido en el tamiz N° 10.

p = Proporción de material pétreo que pasa el tamiz N° 10 y que retenido tamiz N° 200. s = Proporción de material pétreo que pasa el tamiz N° 200.

r= Tiene la siguiente estimación:

0.20 = Si la proporción del material pétreo pasa el tamiz N° 200 tendría un rango de 11% al 15%

0.18 = Si la proporción del material pétreo pasa el tamiz N 200 tendría un rango de 06% al 10%

0.15 = Si la proporción del material pétreo pasa por el tamiz N° 200 es menor del 0.5% T = Tendría un rango de 0 a 2

- Para obtener los porcentajes de adición de hileras de caña se consultó con diferentes investigaciones nacionales e internacionales como el de Jiménez. (2019) donde explica que, las proporciones del material pétreo con el contenido añadido de hileras, no existe mucha diferencia de las proporciones sin la fibra, esto se da porque el adición de hileras de caña es muy reducido [24], ya que estas dosificaciones estaban entre 0.5 % y 1%, por lo que se comenzó a obtener resultados cuando el adición fue de 1%. Por lo tanto, en esta investigación se tomaron adiciones de hileras de caña de 1%,2% y 3%.

## Muestra

Tabla N°11: Muestras para la prueba Marshall

FASES DE PRUEBA	NUMERO DE BRIQUETAS	% DE CONCRETO ASFALTICO (%CA)	%FIBRA DE BAMBU
CONTENIDO DE C. A	15	4.0,4.5,5.0,5.5,6.0	
ESTABILIDAD Y FLUJO	9		1, 2, 3
TOTAL	24		

Fuente: Autor

Tabla 12: Cantidad de especímenes

		FLEXION	ENVEJECIMIENTO	ADHESION DE LOS MATERIALES	TEMPERATURA	INDICE DE RUGOSIDAD	
MEZCLA PATRON		12	4	4	4	5	29
FIBRA DE BAMBU	1%	12	4	4	4	5	29
	2%	12	4	4	4	5	29
	3%	12	4	4	4	5	29
TOTAL		48	16	16	16	20	116

Fuente: Autor

## Muestreo

Se utilizó un muestreo no probabilístico ya que se utilizó como muestra a toda la población y el número de muestras de asfalto que se distribuyó según los criterios de normatividad peruana mencionadas anteriormente.

## Técnicas de recolección de datos

La base de nuestro proyecto de investigación es demostrar los beneficios de incorporar fibras hileras de caña en proporciones específicas en el diseño de asfaltos de alta temperatura. Se han identificado todos los factores que cambian el resultado del experimento. Estos deben ser modificables, controlables y conocidos. Se utilizaron herramientas (especificaciones regulatorias y técnicas) validadas por expertos e instituciones relevantes para el estudio

### Criterios de selección de fibra de bambú y agregados:

- La caña se obtendrá de las plantaciones existentes en la región Amazonas - Utcubamba – Bagua Grande, debido a que ahí es donde se produce el tipo de bambú que voy a utilizar que es la especie *Guadua angustifolia*.

Figura 15: Plantación de guayaquil en Bagua Grande - Amazonas



Fuente: Autor

- Luego se acopia el bambú Figura 16: Acopio del bambú



Fuente: Autor

- Luego de tener el bambú acopiado se procede a cortar este material en láminas.

Figura 17: Laminas de bambú



Fuente: Autor

- Una vez obtenido el bambú en laminas este será triturado para no tener inconvenientes a la hora de realizar la mezcla.

Figura 18: Chancador mecánico para obtener las hileras de bambú



Fuente: Autor

Figura 19: Bambú triturado



Fuente: Autor

- Luego se tamizará la fibra de bambú y se utilizará el material retenido en la malla #10(2.00 mm), esto permitirá un mejor mezclado.

Figura 20: Fibra de bambú retenido en la malla #10



Fuente: Autor

- Los materiales pétreos provendrán de la cantera 3 tomas – Ferreñafe.

Figura 21: Agregado grueso ½ pulg – cantera 3 tomas



Fuente: Autor

Figura 22: Agregado fino – cantera 3 tomas



Fuente: Autor

- Las cantidades de muestras serán de acuerdo con las normas mencionadas anteriormente, de esta manera se procederá a la realización de todos los ensayos respectivos.

### **Análisis de dato**

El estudio y la serie de tablas son "descriptivos" porque se realizan para reflejar los resultados de laboratorio. Estos se rigen por sus respectivos protocolos y estándares de prueba [25].

**Pruebas realizadas para el material pétreo (Grava) fueron las siguientes: Prueba de análisis granulométrico de material pétreo**

Procedimiento:

Figura 23: Cuarteo de agregado grueso



Fuente: Autor

Figura 24: Tamizando el agregado grueso



Fuente: Autor

Figura 25: Tamices por los que pasó el agregado grueso



Fuente: Autor

**Prueba de desgaste por medio del equipo de los ángeles Procedimiento:**

Coloque la muestra y la carga de pulido adecuada en equipo Los Ángeles y rotar el cilindro a una velocidad de 30 a 33 rpm. El número total de revoluciones debe ser 500. Para mantener una velocidad circunferencial casi constante, la máquina debe girar uniformemente. Tan pronto como se alcanza la velocidad de rotación especificada, el material se descarga del cilindro y se lleva a cabo una separación preliminar de la muestra de prueba en un tamiz número 12. La fracción fina que pasa se tamiza a través de un tamiz número 12.

Figura 26: Peso del agregado grueso que se ensayara



Fuente: Autor

Figura 27: Equipo de desgaste de los ángeles



Fuente: Autor

### **Prueba de peso específico y absorción de grava**

Procedimiento:

- Lavar 500 gramos, almacenar en malla N° 4 (4,75 mm) y secar a peso constante
- Humedecer el ejemplar seco en agua por 1 día
- Se eliminan los aditivos del agua
- La pesadez del espécimen se mide cuando el área está seca.
- Colocar la muestra humedecida y con el área seca en una canasta de alambre y pesarla en agua.
- El espécimen seco en horno hasta alcanzar un peso determinado.
- El peso específico se calcula de la siguiente manera:

A- Peso aire del árido seco

B- Peso del aire del material pétreo humedecido superficialmente seco (gr).

C- Peso del material pétreo humedecido superficialmente seco inmerso en agua (gr).

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico Nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Figura 28: Peso del agregado grueso a ensayar



Fuente: Autor

## Ensayo de contenido de sales solubles en los materiales pétreos

Procedimiento:

- Dejar secar el espécimen en horno a 110 +/- 5°C hasta que el peso sea constante.  
Registre esta masa como A.
- Verter el espécimen en un vaso precipitado, echar suficiente agua destilada hasta topar los 3 cm.
- Mover por 60 segundos.
- Decantar en el transcurso de 10 min hasta que el agua esté clara.
- Después de enfriar, transferir todo el sobrenadante acumulado a una vasija aforada y ocupar hasta la marca con agua destilada. Registre la capacidad como B
- Tomar del matraz aforado un volumen de 50-100 ml del espécimen antes igualado y establecer el volumen como C.
- Examinar esta parte de volumen en horno a 100 +/- 5 °C hasta que la masa sea constante y establecer esta masa como D

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$

Figura 29: Muestras en horno



Fuente: Autor

Figura 30: Peso del envase A” con las sales retenidas



Fuente: Autor

Figura 31: Peso del envase A\* con las sales retenidas



Fuente: Autor

### **Pruebas Realizadas para Agregado Fino**

#### **Prueba para análisis granulométrico de materiales pétreos Procedimiento:**

- Seleccionar un grupo de cribas de tamaño adecuado que cumplan con las especificaciones del material que se está probando. Organice las pantallas por tamaño de apertura.
- Vierte agregado fino en un tamiz particular para que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz durante el proceso de tamizado.
- Medir el peso del espécimen que quedo en el tamiz utilizando un medidor en gr que cumpla con los requisitos de la normativa.

Figura 32: Cuarteo del agregado fino



Fuente: Autor

### **Prueba de equivalente de arena**

Figura 33: Muestras de agregado fino para ser ingresadas a la probeta



Fuente: Autor

Figura 34: Muestra saturada



Fuente: Autor

Figura 35: Muestra en la probeta



Fuente: Autor

Figura 36: Ensayando la muestra agitándola para separar los finos



Fuente: Autor

### **Prueba de peso específico y absorción en material pétreo (fino) Proceso:**

- Use 500 gramos. El árido fino se seca hasta que su peso permanece constante.
- Remojar el material en agua durante 24 horas.
- Extender la muestra sobre una superficie plana y exponerla al aire caliente.
- Se logra un estado saturado con una superficie seca cuando la muestra de material se deja caer invirtiendo suavemente el cono comprimido.
- Colocar 500 g de aproximadamente de material en un matraz saturado lleno de agua con la superficie seca
- Retirar el árido del matraz y secarlo en estufa
- La gravedad específica se calcula de la siguiente manera:
  - a- A Marca en gr del aire del material pétreo secado al horno
  - b- B Marca en gr del matraz (picnómetro) que contiene H<sub>2</sub>O

- c- C Marca en gr de la fiola + material pétreo y H<sub>2</sub>O.
- d- D Marca en gr del material humedecido

$$\text{Gravedad específica seca aparente } G_{sa} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Gravedad específica seca aparente } G_{sb} = \frac{A}{B + D - C}$$

$$\text{Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk } G_{ssb} = \frac{D}{B + D - C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left( \frac{D - A}{A} \right) \times 100$$

Figura 37: Peso de la fiola+muestra+agua



Fuente: Autor

Figura 38: Sacando el aire de la muestra



Fuente: Autor

**Prueba de contenido de sales solubles en material pétreo (Fino) Procedimiento:**

- Dejar secar el espécimen en horno a 110 +/- 5°C hasta que el peso sea constante.  
Registre esta masa como A.
- Verter el espécimen en un vaso precipitado, echar suficiente agua destilada hasta topar los 3 cm.
- Mover por 60 segundos.
- Decantar en el transcurso de 10 min hasta que el agua esté clara.
- Después de enfriar, transferir todo el sobrenadante acumulado a una vasija aforada y ocupar hasta la marca con agua destilada. Registre la capacidad como B
- Tomar del matraz aforado un volumen de 50-100 ml del espécimen antes igualado y establecer el volumen como C.
- Examinar esta parte de volumen en horno a 100 +/- 5 °C hasta que la masa sea constante y establecer esta masa como D

$$\% \text{ sales solubles} = \frac{1}{\frac{C * A}{D * B}} * 100$$

Figura 39: Muestras en el horno



Fuente: Autor

Figura 40: Peso del envase A'' con las sales retenidas



Fuente: Autor

Figura 41: Peso del envase A\* con las sales retenidas



Fuente: Autor

**Ensayo de azul metileno Procedimiento:**

- Agregar 5 g de material, secado hasta masa constante y pasado por un tamiz #200
- Añadir 30 ml de agua destilada y remover con una varilla hasta que se forme una masa blanda.
- Con un material alargado tipo varilla, coger una gota de la papilla y suministrarla encima del papel filtro.
- Observar las gotas sobre el papel. Si no se ha formado ningún anillo azul o halo alrededor de la gota, continúe la prueba agregando alícuotas de 0,5 ml a la suspensión del suelo, revolviendo cada porción durante 1 minuto y volviendo a probar con papel filtro hasta que logremos ver un círculo alrededor de la gota.
- Luego continúe revolviendo durante 4 min y pruebe repetidamente en papel de filtro para confirmar. Si el anillo permanece presente, se cancela la prueba y se realiza el cálculo.

$$VA = \frac{CxV}{W}$$

VA = Valor de Azul metileno en mg de azul por gramo de material seco pasa el tamiz N° 200

C = Concentración de la solución de Azul de Metileno, en mg de azul por ml de solución

V = ml de solución de Azul de Metileno requerida en la titulación

W = gramos de material seco utilizado en la prueba

Figura 42: Agregado fino que paso el tamiz # 200 – 5 gramos



Fuente: Autor

Figura 43: Ejecutando el ensayo azul de metileno



Fuente: Autor

### Elaboración del diseño de asfalto tradicional

Figura 44: Cortando moldes circulares para empezar a hacer las briquetas



Fuente: Autor

Figura 45: Pesando el material pétreo (agregado grueso)



Fuente: Autor

Figura 46: Pesando el material pétreo (agregado fino)



Fuente: Autor

Figura 47: Pesando el filler



Fuente: Autor

Figura 48: Mezclando los materiales por cada porcentaje de cemento asfáltico a utilizar



Fuente: Autor

Figura 49: Mezclando los materiales para posteriormente poner en la cocina y luego empezar a hacer las briquetas



Fuente: Autor

Figura 50: Moldes de briquetas



Fuente: Autor

Figura 51: Gata hidráulica para desmontar la muestra del molde



Fuente: Autor

Figura 52: Las 15 briquetas patrón ya elaboradas



Fuente: Autor

Figura 53: Peso seco de las briquetas



Fuente: Autor

Figura 54: Peso saturado de las briquetas



Fuente: Autor

Figura 55: Ensayando las briquetas en la maquina Marshall



Fuente: Autor

Figura 56: Datos que se obtuvieron del ensayo de cada porcentaje de cemento asfaltico

Porcentaje de cemento	Peso seco	Peso saturado	Peso de agua
10%	3000	3000	0
15%	3000	3000	0
20%	3000	3000	0
25%	3000	3000	0
30%	3000	3000	0
35%	3000	3000	0
40%	3000	3000	0
45%	3000	3000	0
50%	3000	3000	0

Fuente: Autor

Figura 57: Peso de molde para hacer el ensayo RICE



Fuente: Autor

Figura 58: Prueba de rice y finalmente obtener los datos deseados



Fuente: Autor

### Pruebas que se Realizaron con las diferentes adiciones de fibra de bambú

A continuación, veremos el proceso de realización de una briqueta asfáltica para las distintas dosificaciones

Figura 59: Pesando los áridos



Fuente: Autor

Figura 60: Pesando el filler



Fuente: Autor

Figura 61: Pesando la fibra de bambú para sus distintos porcentajes de adición



Fuente: Autor

Figura 62: Mezclando los materiales pétreos y filler con el porcentaje de asfalto óptimo obtenido anteriormente



Fuente: Autor

Figura 63: Adición de fibra de bambú



Fuente: Autor

Figura 64: Mezclado del asfalto con la incorporación de fibra para luego dejarlo cocinar y empezar a hacer las briquetas



Fuente: Autor

Figura 65: Moldes de briquetas



Fuente: Autor

Figura 66: Gata hidráulica para desmontar la muestra del molde



Fuente: Autor

Figura 67: Briquetas con 1, %,2% y 3% de adición de fibra de bambú ya elaboradas



Fuente: Autor

### **Prueba de estabilidad y flujo**

Figura 68: Ensayando los especímenes con adición en la maquina Marshall



Fuente: Autor

Figura 69: Peso de molde para hacer el ensayo RICE



Fuente: Autor

Figura 70: Peso del material con el que se hará el RICE (son briquetas que se han dejado 24 horas en el horno para que luego sean derretidas)



Fuente: Autor

Figura 71: Maquina para hacer el ensayo rice y finalmente obtener los datos deseados



Fuente: Autor

## Ensayo de agrietamiento por flexión

Figura 72: Se miden las briquetas y se marcan para su posterior corte por la mitad



Fuente: Autor

Figura 73: Con una amoladora de concreto se procedió a cortar la briqueta por la mitad



Fuente: Autor

Figura 74: Luego de cortar la briqueta por la mitad se procedió a hacerla la ranura como indica el ensayo



Fuente: Autor

Figura 75: Luego de tener la briqueta semicircular lista se procedió a realizar el ensayo de agrietamiento por flexión



Fuente: Autor

Figura 76: Briqueta semicircular ensayada llegando a su falla de agrietamiento por flexión como indica el ensayo



Fuente: Autor

## Ensayo de resistencia al envejecimiento

Figura 77: Como indica el ensayo se procedió a poner al horno a las briquetas a temperatura de 163 °C durante 0 horas, 20 horas y 72 horas



Fuente: Autor

Figura 78: Luego se procedió a ensayar las briquetas a distintas revoluciones (100 rev, 200 rev y 300 rev) en el equipamiento de los ángeles.



Fuente: Autor

Figura 79: Medida en gr de la muestra antes que pase por la máquina de desgaste



Fuente: Autor

Figura 80: Medida en gr de la briqueta después de pasar por el equipamiento de los ángulos 100 revoluciones



Fuente: Autor

Figura 81: Medida en gr de la briqueta después de pasar por el equipamiento de los ángulos 200 revoluciones



Fuente: Autor

Figura 82: Medida en gr de la briqueta después de pasar por el equipamiento de los ángeles 300 revoluciones



Fuente: Autor

### **Ensayo de susceptibilidad a la temperatura**

Figura 83: Como indica el ensayo se procedió a poner las briquetas a distintas temperaturas (-10°C y 25°C)



Fuente: Autor

Figura 84: Luego se procedió a ensayar las briquetas a distintas revoluciones (100 rev, 200 rev y 300 rev) en el equip de los ángeles



Fuente: Autor

Figura 85: Medida en gr de la muestra antes que pase por la máquina de desgaste



Fuente: Autor

Figura 86: Medida en gr de la muestra después que pase por la máquina de desgaste 100 revoluciones



Fuente: Autor

Figura 87: Medida en gr de la muestra después que pase por la máquina de desgaste 200 revoluciones



Fuente: Autor

Figura 88: Medida en gr de la muestra después que pase por la máquina de desgaste 300 revoluciones



Fuente: Autor

## Ensayo de adhesividad de sus materiales

Figura 89: Como indica el ensayo se procedió a poner las briquetas en agua durante 4 días para luego ensayarlas



Fuente: Autor

Figura 90: Luego se procedió a ensayar las briquetas a distintas revoluciones (100 rev, 200 rev y 300 rev) en el equipo de los ángeles



Fuente: Autor

Figura 91: Medida en gr de la muestra seca antes que pase por la máquina de desgaste



Fuente: Autor

Figura 92: Medida en gr de la muestra seca después que pase por la máquina de desgaste (100 revoluciones)



Fuente: Autor

Figura 93: Medida en gr de la muestra seca después que pase por la máquina de desgaste (200 revoluciones)



Fuente: Autor

Figura 94: Medida en gr de la muestra seca después que pase por la máquina de desgaste (300 revoluciones)



Fuente: Autor

### Briquetas después de pasar por agua 4 días:

Figura 95: Medida en gr de la muestra en inmersión antes que pase por la máquina de desgaste



Fuente: Autor

Figura 96: Medida en gr de la muestra en inmersión después que pase por la máquina de desgaste (100 revoluciones)



Fuente: Autor

Figura 97: Medida en gr de la muestra en inmersión después que pase por la máquina de desgaste (200 revoluciones)



Fuente: Autor

Figura 98: Medida en gr de la muestra en inmersión después que pase por la máquina de desgaste (300 revoluciones)



Fuente: Autor

## Ensayo de circulo de arena

Figura 99: Para hacer este ensayo se debe tener un área mínima de 900 cm<sup>2</sup> por lo tanto se procedió a diseñar un molde rectangular de 40 cm \* 40 cm tipo caja para hacer un prototipo de carpeta asfáltica con distintas adiciones de fibra además de la muestra tradicional.



Fuente: Autor

Figura 100: Aquí se ve el molde rectangular con su compactador de 20 cm\* 20 cm



Fuente: Autor

Figura 101: Luego se procedió a empezar el mezclado de los materiales de asfalto con las diferentes adiciones de fibra



Fuente: Autor

Figura 102: Compactando el asfalto con adición de fibra



Fuente: Autor

Figura 103: Compactando el asfalto con adición de fibra



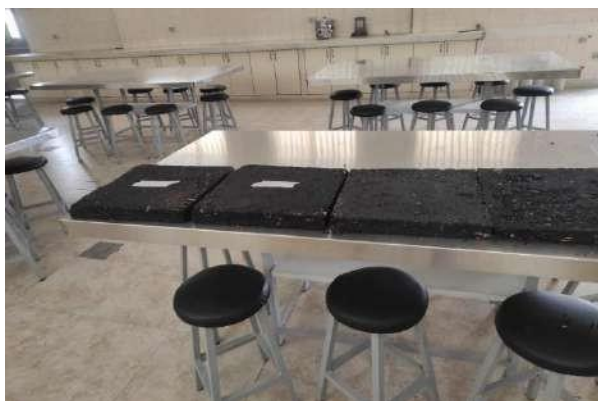
Fuente: Autor

Figura 104: Mezcla asfáltica compactada con un espesor de 5 cm



Fuente: Autor

Figura 105: Mezclas asfálticas compactadas con sus diferentes porcentajes de fibra y mezcla patrón



Fuente: Autor

Figura 106: Midiendo el volumen que se utilizara de arena fina en mm<sup>3</sup> para proceder con el ensayo



Fuente: Autor

Figura 107: Como ya conocemos el volumen de arena que se utilizara ahora procedemos a vaciar este material en cada espécimen de forma circular



Fuente: Autor

Figura 108: Después de vaciar la arena a cada espécimen, por último, se procede a medir el diámetro de cada circulo ya que es un dato importantísimo para luego calcular la macro textura superficial del pavimento



Fuente: Autor

## Resultados

OE 1: Granulometría de los materiales pétreos mostrado en la siguiente tabla 15 y Grafico1.

Tabla 13: Análisis granulométrico de áridos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTCE204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionando fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles

ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Eduardo Torres Mera

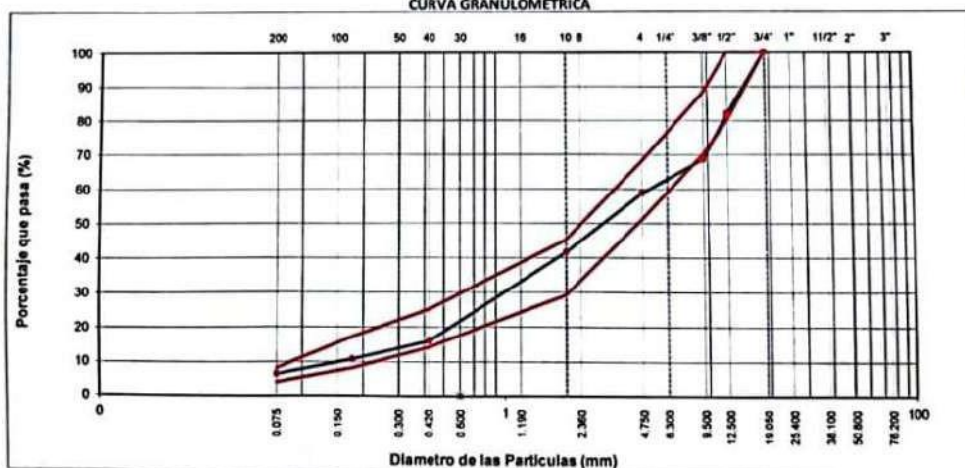
#### DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Filar)	1%
Fibra de bambú	0%
CEMENTO ASFÁLTICO FEN 60/70	

TAMAÑO MÁXIMO : 3/4"  
Peso inicial seco : 3615 g

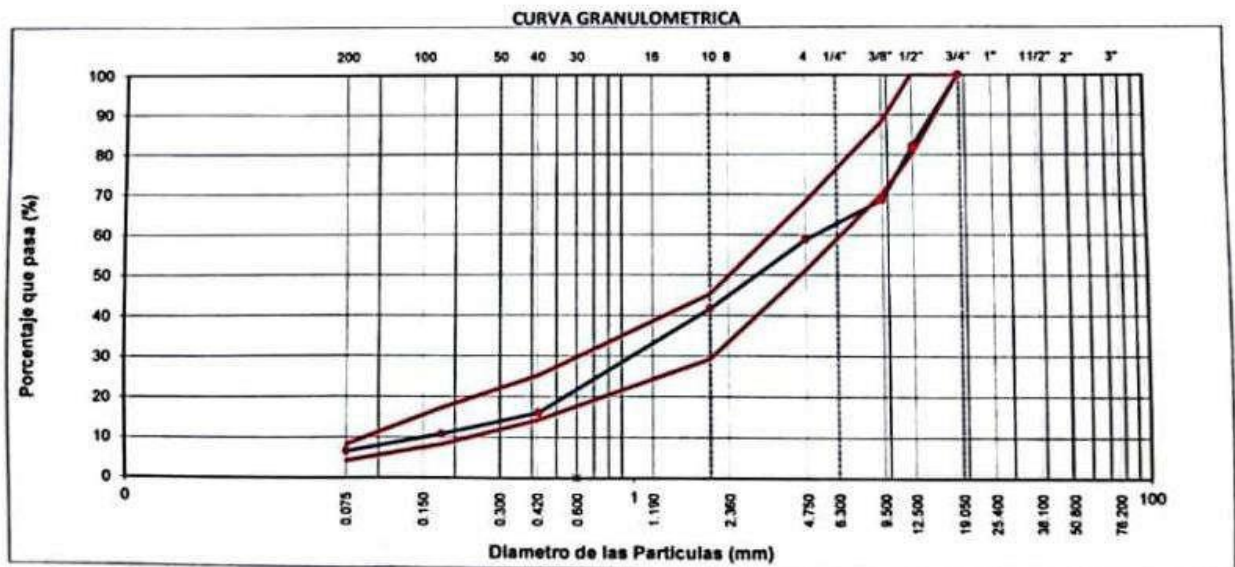
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO		PORCENTAJE		RETENIDO		PORCENTAJE		ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		RETENIDO	QUE PASA	RETENIDO	QUE PASA	ACUMULADO	QUE PASA				
3"	76.200									MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0					80 100	
1/2"	12.500	652		18.0	82.0	18.0				67 85	
3/8"	9.500	485		13.4	68.5	31.5				60 77	
Nº 4	4.750	359		9.9	58.6	41.4				43 54	
Nº 10	2.000	392.0		17.1	41.5	58.5				29 45	Observación:
Nº 40	0.425	590.0		25.7	15.8	84.2				14 25	
Nº 80	0.177	121.0		5.3	10.5	89.5				8 17	
Nº 200	0.075	96.0		4.2	6.4	93.6				4 8	
< Nº 200	FONDO	146.0		6.4	100.0	100.0					

CURVA GRANULOMÉTRICA



Fuente: Autor

Gráfico 1: Curva Granulométrica de Agregados



Fuente: Autor

**Interpretación:** Se observa que el Grafico 1 el análisis granulométrico si cumple con lo especificado en la norma MAC.

## Ensayos de agregado grueso:

Figura 109: Prueba de desgaste

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Eduardo Torres Mera  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
Fecha de ensayo : Chiclayo 22 de abril del 2024

**ENSAYO** : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

**REFERENCIA** : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

**Cantera** : Cantera Tres Tomas  
**Muestra** : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	20.5
% de uniformidad	%	0.5

Requerimient : 40 % Maximo

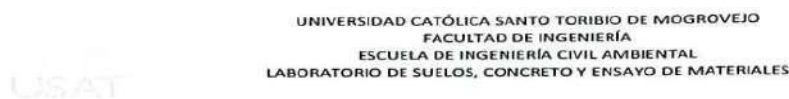
**OBSERVACIONES :**  
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.  
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la figura 109 podemos ver que la grava tiene un 20.5% de desgaste siendo menor al 40 % que especifica la norma, por lo tanto este material si cumple con los requisitos.

Figura 110: Prueba de absorción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 25 de abril 2024

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera** : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	<b>988.3</b>	<b>988.3</b>
2.- Pesc. Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frascoc	(g)	677.29	677.29
3.- Peso del Agua	(g)	311.05	311.05
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasc	(g)	674.88	674.88
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>177.29</b>	<b>177.29</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>498</b>	<b>498</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	<b>2.633</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.646
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.667
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.48</b>

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Piedra Chancada - Tres Tomas

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1293</b>	<b>1293</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1299</b>	<b>1299</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del cai	(g)	<b>1661</b>	<b>1661</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>895</b>	<b>895</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	766	766

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	<b>2.425</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.437
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.455
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.50</b>



Fuente: Autor

**Interpretación** Podemos observar que en la figura 110 la absorción de los agregados es de 0.50% y la norma nos dice que máximo es de 1%, por lo tanto, sí cumple con los requerimientos.

Figura 111: Ensayo partículas chatas y alargadas

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO											
ASHTO-4751-88											
Título:		Mina Alderica Milagro Páez									
Teste:		Aulón de basipólmero extraído de la cascara de plátano como agregado fino para mejorar las propiedades mecánicas y flexas de las mezclas asfálticas									
Material:		Piedra chancada Tres Tonos									
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			
TAMIZ (mm)	ABERTURA (mm)	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.	
3/4"	19.00	1500		100.00	80			119			
1/2"	12.50	300.0	71.43	28.57	290	41.71		105	15.00		
3/8"	9.50	200.0	28.57		187	22.43		85	12.14		
1/4"	6.30										
TOTAL					449	64.14		190	27.14		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA					(g)	700.0					
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS					(%)	87.9			ESPECIFICACIÓN	12% Max.	
TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS					(%)	87.9					
OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3											



Fuente: Autor

**Interpretación:** Podemos ver que en la figura 111 el material pétreo del asfalto utilizado tiene un 9.8% de desgaste siendo menor al 10% Max, entonces si cumple con los requerimientos

Figura 112: Prueba de caras fracturadas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOQUEGUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Testista:** Eduardo Torres Meral  
**Escuela:** Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tests:** Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar:** Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque  
**Fecha de ensayo:** Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

**PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS**  
(NORMA: MITC E 210; ASTM D 5821)

Cantera

Piedra Chancada - Tres Tomas

**A.- CON UNA CARA FRACTURADA.**

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = \frac{B}{A} * 100$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C * D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---	---	---	---
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---	---	---	---
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---	---	---	---
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---	---	---	---
3/4"	1/2"	500.0 g.	330.0	290.0	87.9 %	330.0 %	290.0 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	100.0	80.0	80.0 %	100.0 %	80.0 %
<b>TOTAL</b>		<b>57800.0 g.</b>	<b>430.0 g.</b>	<b>370.0 g.</b>		<b>430.0 %</b>	<b>370.0 %</b>

**PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 86.0%**

**B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.**

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = \frac{B}{A} * 100$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C * D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---	---	---	---
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---	---	---	---
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---	---	---	---
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---	---	---	---
3/4"	1/2"	500.0 g.	330.0	139.0	42.1 %	330.0 %	139.0 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	100.0	97.0	97.0 %	100.0 %	97.0 %
<b>TOTAL</b>		<b>57800.0 g.</b>	<b>430.0 g.</b>	<b>236.0 g.</b>		<b>430.0 %</b>	<b>236.0 %</b>

**PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 54.9%**

**NOTA:** La partículas fracturadas fue determinado por masa.

Fuente: Autor

**Interpretación:** En la figura 112 podemos observar que tenemos 86.00% de 1 cara fracturada y un 54.9 con más de 2 caras fracturadas, entonces cumple ya que en la norma nos dice que mínimo debe tener 85/50

Figura 113: Ensayo de sales solubles

**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 12 de abril del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u>	: Tres tomas		
<u>Muestra</u>	: Piedra		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	400
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.04

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la figura 113 se aprecia que los resultados de laboratorio nos muestran un 0.04% de sales que contiene el agregado, entonces cumple ya que en la norma nos dice que el máximo permitido es 0.5%.

Figura 114: Ensayo de dureza al sulfato de magnesio

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

(Pag. 01 de 02)

TESISTA : Eduardo Torres Mora  
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles

Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE  
Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de mayo del 2024

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregatos por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
Referencia : NORMA N.T.P. 400 018 ASTM C-83

**EXAMEN CUANTITATIVO**

Cantera : Tres Tomas  
Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	5.0
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	5.2
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	N° 4	5.7
9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL (%)	15.9
--------------------	------

## OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Fuente: Autor

**Interpretación:** Lo especificado en la norma es 18% de desgaste y en la figura 114 podemos observar que el material pétreo que utilizamos obtiene un 15.9% de durabilidad lo cual cumple.

## Para el árido (Fino):

Figura 115: Prueba de azul de metileno



**USAT**  
Universidad Católica  
Santiago de los Caballeros Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Eduardo Torres Mera  
Escuela : Ingeniería civil y Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
Fecha de ensayo : Chiclayo 03 de mayo del 2024

**AZUL DE METILENO**  
( NORMA: AASHTO TP 57 )

REFERENCIA DE LA MUESTRA : MUESTRA M 01  
CANTERA : TRES TOMAS  
APLICACIÓN : ASFALTO  
FECHA DE ENSAYO martes, 3 de Octubre de 2023

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino ( N° 200 )	Resultado	Especificación EG -213	
	Cada	NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - Pasa 200	Cada 0.5 ml	14.0	5.0	3	-	8
		14.0	5.0	3		

RESULTADOS PROMEDIOS : 3

FÓRMULA DE APLICACIÓN  

$$AM = C_{sol} / p_{finos}$$



USAT  
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Fuente: Autor

**Interpretación:** En la figura 115 podemos ver que los resultados de laboratorio nos muestran que tenemos un valor de 3, entonces cumple ya que en la norma nos dice que el máximo permitido es 8.

Figura 116: Prueba de límites de Atterberg

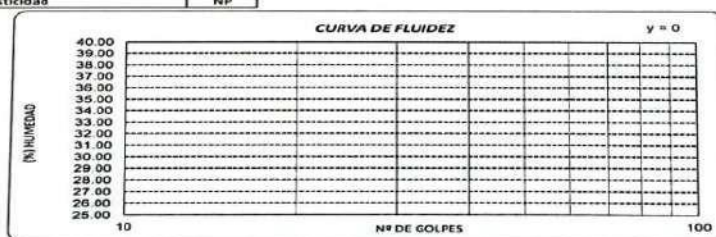
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Eduardo Torres Mera  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
Lugar : Chiclayo - Lambayeque  
Fecha de ensayo : Chiclayo 29 de abril del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
N° de tarro	12	15	16	20	
N° de golpes	35	23	14		
Tarro + suelo húmedo	36.2	38.6	32.6	14.2	
Tarro + suelo seco	36.2	38.6	32.6	14.2	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	25.6	21.4	23.4	9.60	
Peso del suelo seco	10.6	17.2	9.2	4.4	
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00	0.00	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
Límite líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP



Observaciones:



Fuente: Autor

**Justificación:** En la figura 116 podemos observar que los resultados de laboratorio nos muestran que el límite de la malla #40 resulta que es no plástico, entonces cumple con la norma.

Figura 117: Prueba de límites de Atterberg (malla n°200)

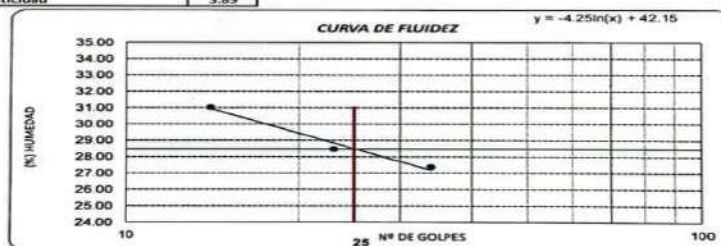
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Eduardo Torres Mera  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
Lugar : Chiclayo - Lambayeque  
Fecha de ensayo : Chiclayo 29 de abril del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
	12	15	16	1	20	
N° de tarro	12	15	16	1	20	
N° de golpes	34	23	14	14		
Tarro + suelo húmedo	36.55	39.39	47.23	47.23	17.98	
Tarro + suelo seco	34.5	36.9	42.1	42.1	16.6	
Agua	2.05	2.49	5.13	5.13	1.18	
Peso del tarro	27.01	28.15	25.56	25.56	12.00	
Peso del suelo seco	7.49	8.75	16.54	16.54	4.8	
Porcentaje de humedad	27.37	26.46	31.02	31.02	24.58	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	28.47
Límite Plástico	24.58
Índice de Plasticidad	3.89



Observaciones:



Fuente: Autor

**Justificación:** En la figura 117 podemos ver que los resultados de laboratorio nos muestran que el límite de la malla #200 resulta que si es un material plástico tendiendo un valor de 3.89, entonces cumple con la norma ya que el máximo es 4.

Figura 118: Ensayo de sales solubles

**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 12 de abril del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u>	: Patapo		
<u>Muestra</u>	: Arena		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.02

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la figura 118 podemos ver que los resultados de laboratorio nos muestran un 0.02% de sales que contiene el agregado fino, entonces cumple ya que en la norma nos dice que el máximo permitido es 0.5%.

Figura 119: Prueba de absorción

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 25 de abril 2024

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022  
**Cantera** : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	<b>988.3</b>	<b>988.3</b>
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	677.29	677.29
3.- Peso del Agua	(g)	311.05	311.05
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	674.88	674.88
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>177.29</b>	<b>177.29</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>498</b>	<b>498</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.633</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.646
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.667
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.48</b>

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021  
**Cantera** : Piedra Chancada - Tres Tomas

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1293</b>	<b>1293</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1299</b>	<b>1299</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastillo	(g)	<b>1661</b>	<b>1661</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>895</b>	<b>895</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	766	766

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.425</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.437
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.455
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.50</b>

  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
USAT  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Fuente: Autor

**Justificación:** Podemos ver en la figura 119 que si se cumple con los requisitos normativos ya que el máximo porcentaje es 0.5% y el resultado nuestro fue 0.48%.

Figura 120: Prueba de equivalente de arena

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIVIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

(Pag. 01 de 01)

Tesista : Eduardo Torres Mera  
Escuela : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
Tesis : Evaluacion de las propiedades mecanicas y fisicas de una mezcla asfaltica adicionandole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 03 de Mayo del 2024

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.  
Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

**EXAMEN CUANTITATIVO**

Muestra : Arena  
Cantera : Tres Tomas

**I.- DATOS**

MUESTRA Nº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	7.20	8.60	8.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.10	4.20	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	56.94 %	48.84 %	47.62 %
<b>EQUIVALENTE DE ARENA (EA)</b>	<b>52 %</b>		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):			
Mínimo : 60 % Máximo			

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

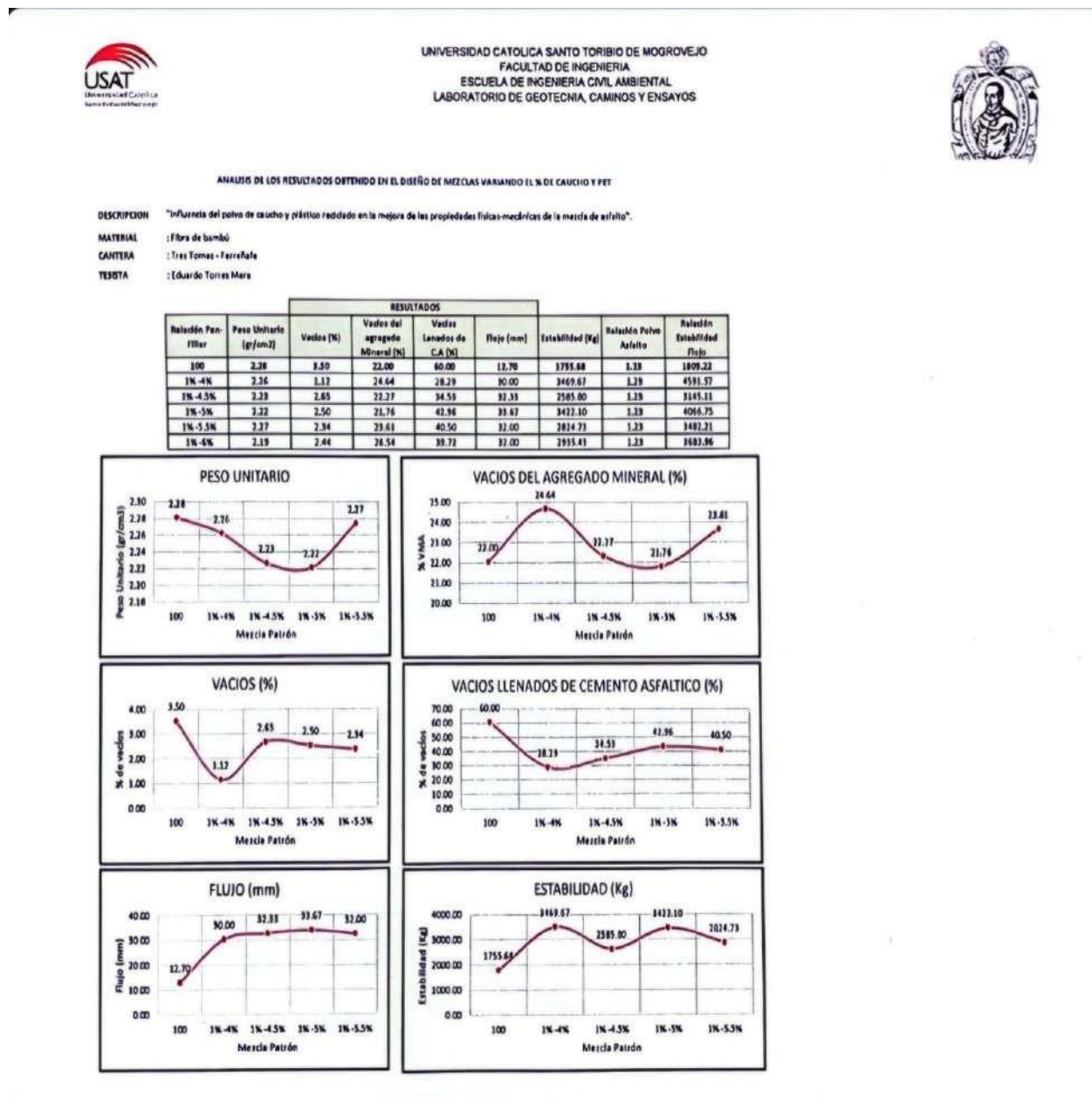


Fuente: Autor

**Interpretación:** Podemos ver que el resultado que se muestra en la figura 120 es de 52% por lo tanto es menor al valor de la norma que es 60% por ello si cumple.

### Mezcla asfáltica tradicional

Tabla 14: Análisis de la mezcla tradicional



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la tabla 14 podemos ver los resultados del diseño del asfalto tradicional, donde se utilizó 1% de filler para todos los porcentajes de C.A llegando a obtener los siguientes resultados: Las dosificaciones favorables según su estabilidad y flujo son el PEN e 4.0% y 5%.

Gráfico 2: Muestra tradicional



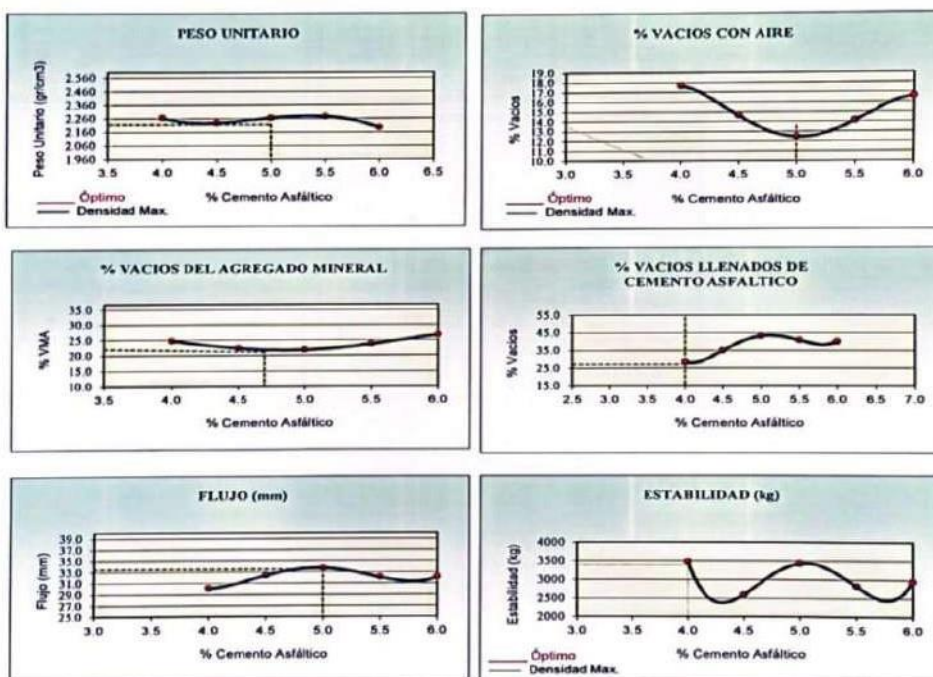
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



### REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**TESIS** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles.  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**TESISTA** : Eduardo Torres Mera



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.215
Vacios (%)	3.50
Vacios del Agregado mineral (%)	22.00
Vacios Llenados de C.A (%)	60.00
Flujo (mm)	8.51
Estabilidad (Kg)	3390
Relación Polvo Asfalto	0.73

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

Fuente: Autor

Tabla 15: Resultados obtenidos de la mezcla asfáltica patrón

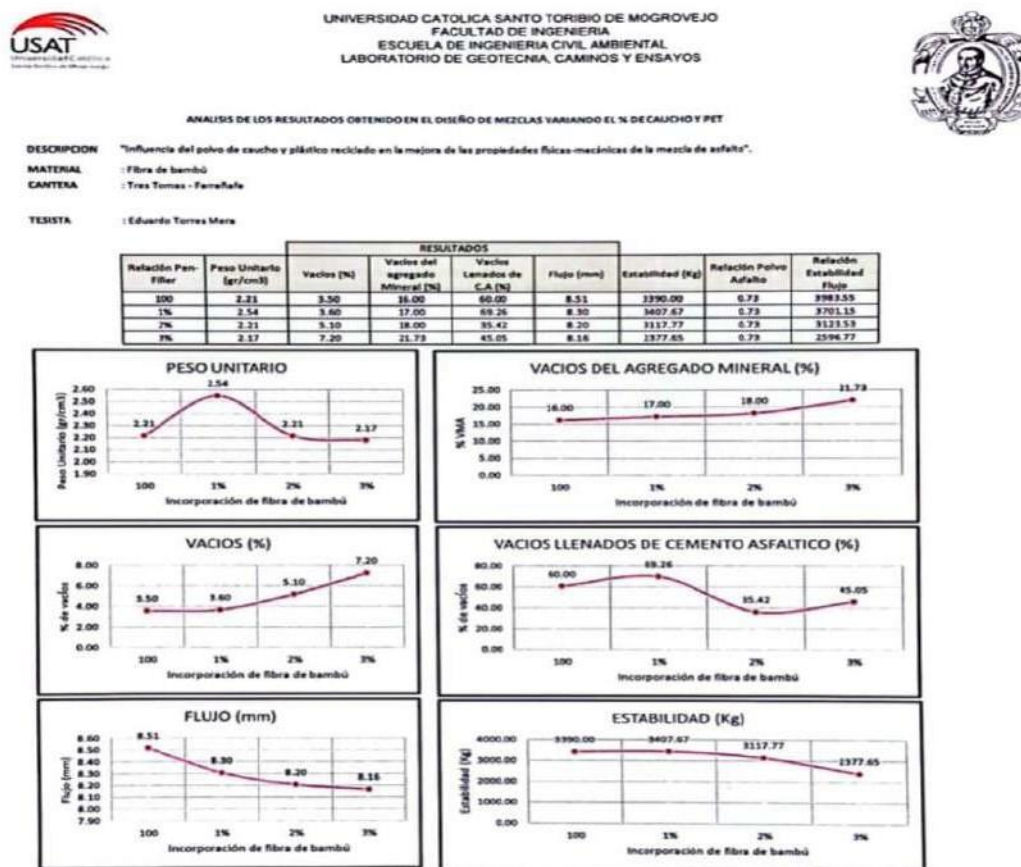
PARAMETROS DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES (MTC)	RESULTADO
Contenido optimo de C.A(%)	.....	4.70
Estabilidad (kg)	>544	3390
Flujo (mm)	8--16	8.51
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	.....	2.21
Porcentaje de vacios (%)	3--5	3.50
Vacios del agregado mineral(%)	>14	16.00
Vacios llenos de C.A (%)	.....	60.00
Relación polvo -asfalto	0.6--1.3	0.73
Relación Estabilidad-Flujo (kg/cm)	1700---4000	3983.55

Fuente: Autor

**Interpretación:** Según esta tabla 15 el valor del equilibrio del asfalto tradicional es de 3390 kg con un porcentaje de C.A de 4.7 % sin el adiconamiento de hilera. La deformación es de 8.51 mm, por lo tanto, podemos ver que se cumple con los requerimientos normativos.

## Mezcla asfáltica con adición de fibra de bambú

Gráfico 3: Muestra modificada en distintas dosificaciones



Fuente: Autor

Tabla 16: Datos adquiridos tras añadir hileras de bambú en varias dosificaciones al asfalto

PARAMETROS DE DISEÑO	PATRON	MEZCLA ASFALTICA CON ADICION DE FIBRA DE BAMBÚ		
		1%	2%	3%
Estabilidad (kg)	3390.00	3407.67	3117.77	2377.65
Flujo (mm)	8.51	8.30	9.10	9.50
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.21	2.54	2.21	2.17
Porcentaje de vacios (%)	3.50	3.60	5.1	7.2
Vacios del agregado mineral(%)	16.00	17.00	18.00	21.73
Vacios llenos de C.A (%)	60.00	69.26	35.42	45.05
Relación polvo -asfalto	0.73	0.73	0.73	0.73
Relación Estabilidad-Flujo (kg/cm)	3983.55	3701.15	3123.53	2596.77

Fuente: Autor

**Interpretación:** En la tabla 16 podemos ver que la mejor resistencia a la deformación es para la muestra con adición de 1% porque tiene una estabilidad de 3407.67 kg, es decir es superior a la estabilidad de la muestra tradicional que tiene 3390 kg. Además, si comparamos el flujo, la muestra de 1% tiene 8.30 mm y la tradicional tiene 8.51 mm, por lo tanto, al ser menor el resultado de la dosificación de 1% nos indica que tendrá menos deformación que el asfalto tradicional, por consiguiente, la muestra que tiene una resistencia superior es la de 1%, siendo la recomendable.

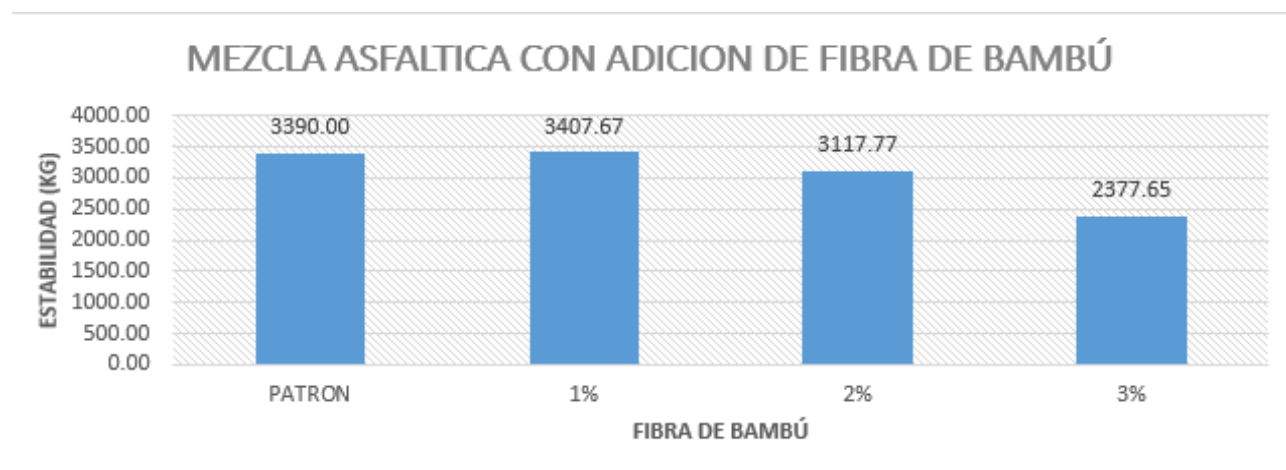
**OE 1:** Se pudo encontrar la variabilidad de la resistencia a la deformación del asfalto al añadir hileras de bambú y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 17: Datos adquiridos de la resistencia a la deformación tras añadir hileras de bambú en varias dosificaciones al asfalto.

PARAMETROS DE DISEÑO	ESPECIFICACION MTC	PATRON	MEZCLA ASFALTICA CON ADICION DE FIBRA DE BAMBÚ		
			1%	2%	3%
Estabilidad (kg)	>544	3390.00	3407.67	3117.77	2377.65

Fuente: Autor

Gráfico 4: Variación de la estabilidad con hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En el gráfico 4 podemos ver que la mejor resistencia a la deformación es para la muestra con adición de 1% porque tiene una estabilidad de 3407.67 kg, es decir es superior a la estabilidad de la muestra tradicional que tiene 3390 kg.

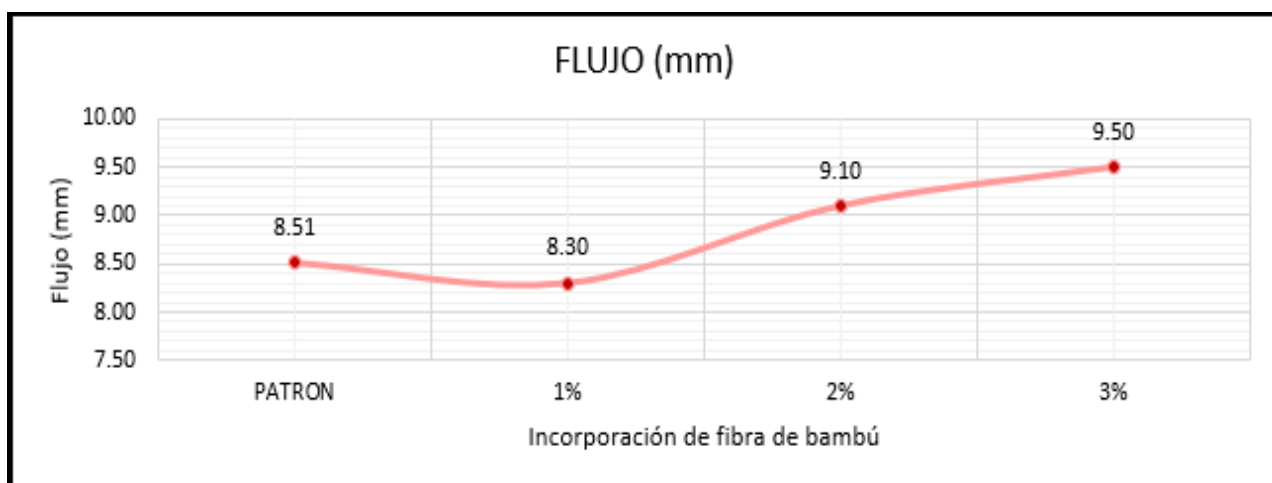
**OE 2:** Se pudo encontrar la variabilidad a la deformación del asfalto al añadir hileras de bambú y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 18: Datos adquiridos de la deformación tras añadir hileras de bambú en varias dosificaciones al asfalto.

PARAMETROS DE DISEÑO	ESPECIFICACION MTC	PATRON	MEZCLA ASFALTICA CON ADICION DE FIBRA DE BAMBÚ		
			1%	2%	3%
Flujo (mm)	8-16	8.51	8.30	9.10	9.50

Fuente: Autor

Gráfico 5: Flujo versus porcentaje de incorporación de fibra de bambú.



Fuente: Autor

**Interpretación:** En el gráfico 6 podemos ver la deformación del asfalto, la muestra de 1% tiene 8.30 mm y la tradicional tiene 8.51 mm, por lo tanto, al ser menor el flujo la dosificación de 1% nos indica que tendrá menos deformación que el asfalto tradicional, por consiguiente, la muestra que tiene una resistencia superior es la de 1%, siendo la recomendable.

### Prueba de adhesividad de los materiales:

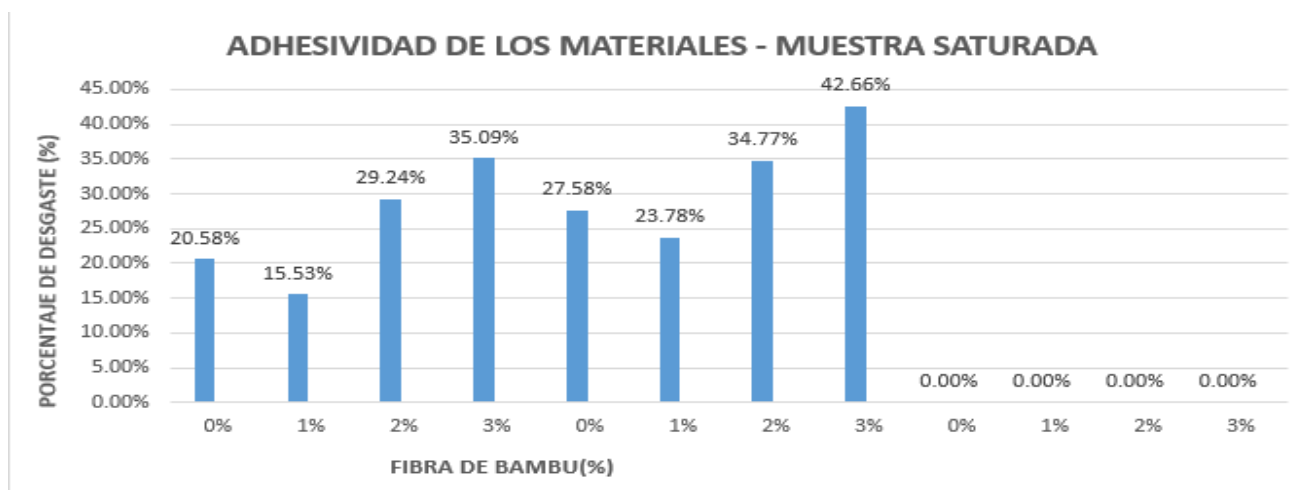
**OE 3:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra saturada durante 4 días al añadir hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 19: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra saturada durante 4 días tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

ENSAYO ADHESIVIDAD DE LOS MATERIALES - MUESTRA SATURADA					
N° DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ /Adición	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	25°C	20.58%
2	Adición	1%	100	25°C	15.53%
3	Adición	2%	100	25°C	29.24%
4	Adición	3%	100	25°C	35.09%
1	Patrón	0%	200	25°C	27.58%
2	Adición	1%	200	25°C	23.78%
3	Adición	2%	200	25°C	34.77%
4	Adición	3%	200	25°C	42.66%
1	Patrón	0%	300	25°C	0.00%
2	Adición	1%	300	25°C	0.00%
3	Adición	2%	300	25°C	0.00%
4	Adición	3%	300	25°C	0.00%

Fuente: Autor

Gráfico 6: Variabilidad del desgaste del asfalto saturado al incorporarle diversos porcentajes de hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 19 y Gráfico 6 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hileras de bambú, en este caso las briquetas asfálticas

estuvieron sumergidas durante 4 días y se dejaron secar por 24 Hrs como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hileras son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hileras de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 22 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a mas revoluciones mas desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el gráfico 7 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 200 rev 23.78% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 200 rev tiene un desgaste de 27.58%, sin embargo las otras dosificaciones de 2 % y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada optima es la de 1% de adición de fibra.

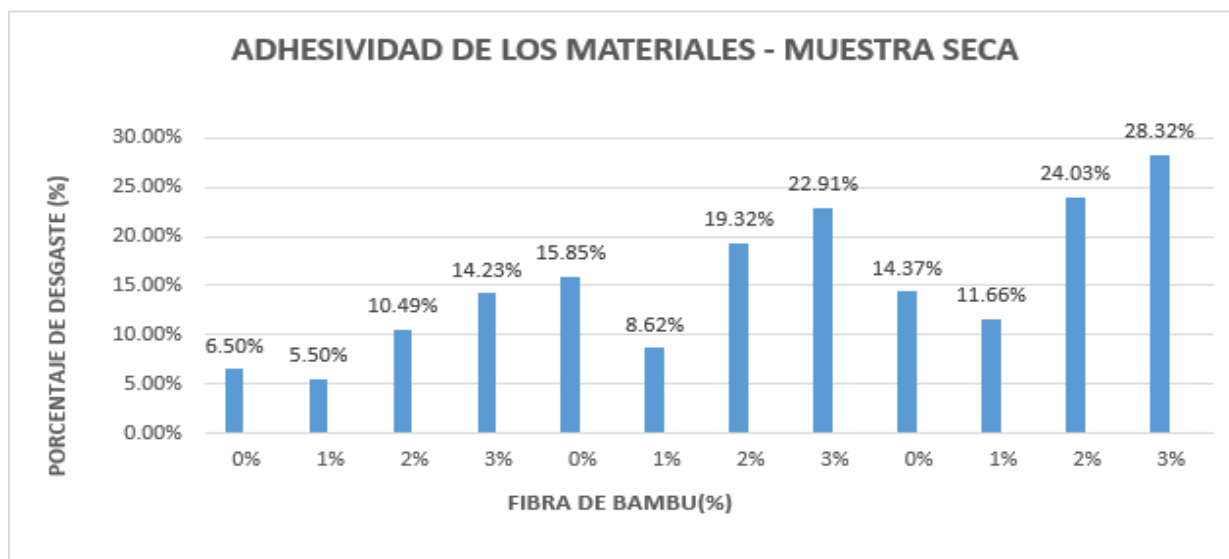
**OE 3:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra seca al añadir hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 20: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra seca tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

ENSAYO ADHESIVIDAD DE LOS MATERIALES - MUESTRA SECA					
N° DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ /Adición	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	25°C	6.50%
2	Adición	1%	100	25°C	5.50%
3	Adición	2%	100	25°C	10.49%
4	Adición	3%	100	25°C	14.23%
1	Patrón	0%	200	25°C	15.85%
2	Adición	1%	200	25°C	8.62%
3	Adición	2%	200	25°C	19.32%
4	Adición	3%	200	25°C	22.91%
1	Patrón	0%	300	25°C	14.37%
2	Adición	1%	300	25°C	11.66%
3	Adición	2%	300	25°C	24.03%
4	Adición	3%	300	25°C	28.32%

Fuente: Autor

Gráfico 7: Variabilidad del desgaste del asfalto seco al incorporarle diversos porcentajes de hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 20 y Grafico 7 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hileras de bambú, en este caso las briquetas asfálticas secas y a una T° ambiente como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hileras son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hileras de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 23 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a más revoluciones mayor desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el grafico 8 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 300rev 11.66% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 300 rev tiene un desgaste de 14.37%, sin embargo las otras dosificaciones de 2 % y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada optima es la de 1% de adición de fibra.

### Prueba de Resistencia al Envejecimiento:

Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra que estuvo 0Hrs en horno a una temperatura de 163°C como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

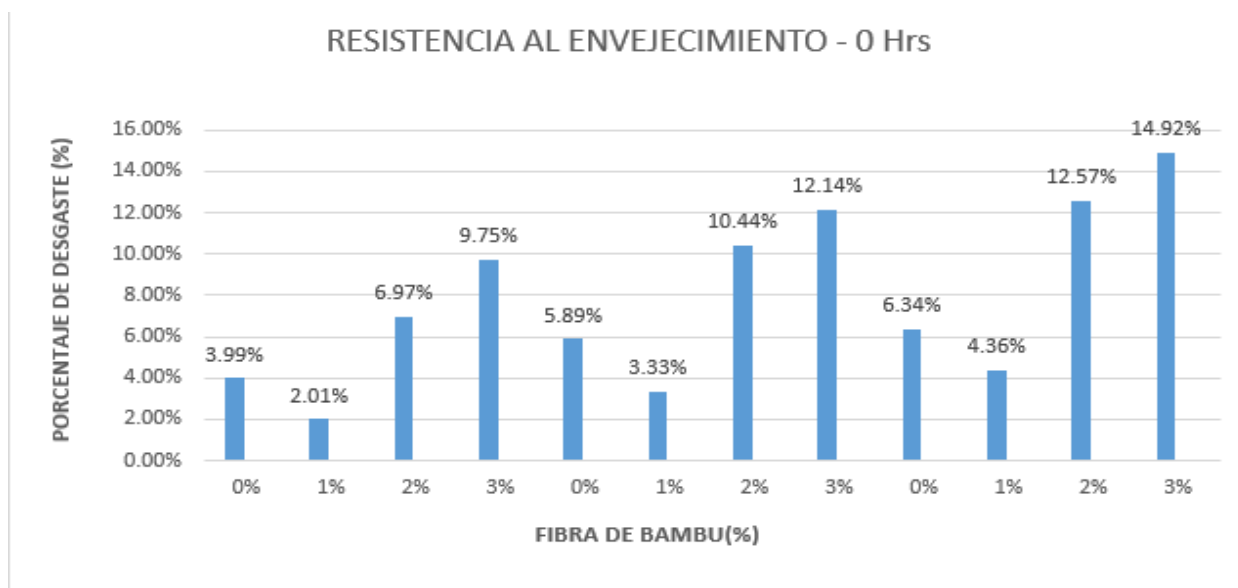
**OE 4:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra que estuvo 0Hrs en horno a una temperatura de 163°C como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 21: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra que estuvo 0Hrs en horno a una temperatura de 163°C tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

ENSAYO RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO -0 Hrs					
N° DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ /Adición	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	160°C	3.99%
2	Adición	1%	100	160°C	2.01%
3	Adición	2%	100	160°C	6.97%
4	Adición	3%	100	160°C	9.75%
1	Patrón	0%	200	160°C	5.89%
2	Adición	1%	200	160°C	3.33%
3	Adición	2%	200	160°C	10.44%
4	Adición	3%	200	160°C	12.14%
1	Patrón	0%	300	160°C	6.34%
2	Adición	1%	300	160°C	4.36%
3	Adición	2%	300	160°C	12.57%
4	Adición	3%	300	160°C	14.92%

Fuente: Autor

Gráfico 8: Variabilidad del desgaste del asfalto que estuvo 0Hrs en horno a una temperatura de 163°C al incorporarle diversos porcentajes de hilas de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 21 y Gráfico 8 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hilas de bambú, en este caso las briquetas asfálticas estuvieron a 160°C durante 0Hrs como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hilas son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hilas de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 24 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a más revoluciones mayor desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el gráfico 9 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 300rev 4.36% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 300 rev tiene un desgaste de 6.34%, sin embargo las otras dosificaciones de 2 % y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada óptima es la de 1% de adición de fibra.

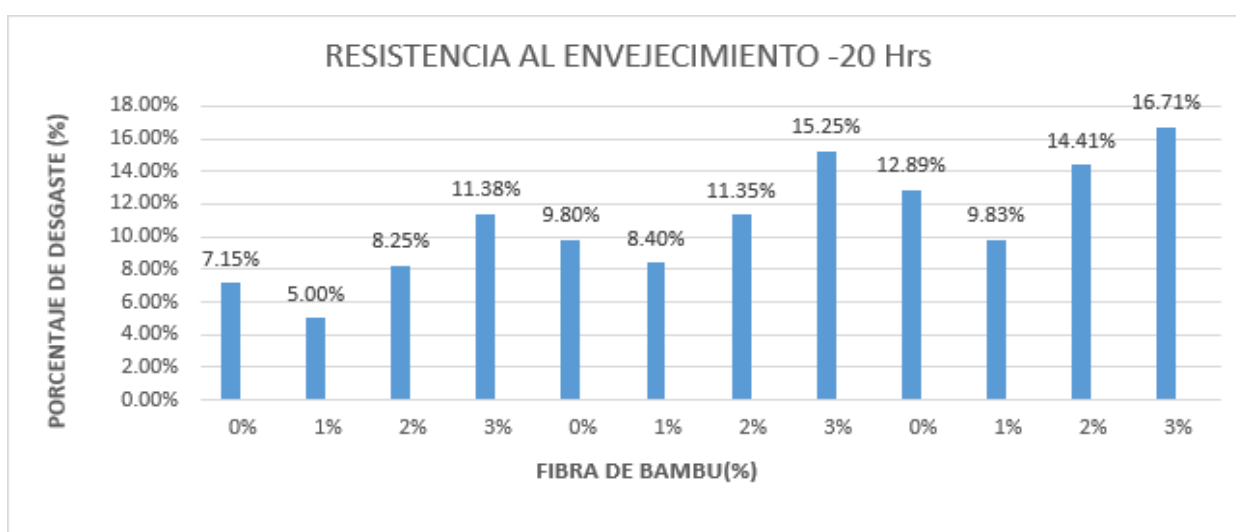
**OE 4:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra que estuvo 20 Hrs en horno a una temperatura de 163°C como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 22: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra que estuvo 20Hrs en horno a una temperatura de 163°C tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

ENSAYO RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO -20 Hrs					
N° DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ /Adición	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	160°C	7.15%
2	Adición	1%	100	160°C	5.00%
3	Adición	2%	100	160°C	8.25%
4	Adición	3%	100	160°C	11.38%
1	Patrón	0%	200	160°C	9.80%
2	Adición	1%	200	160°C	8.40%
3	Adición	2%	200	160°C	11.35%
4	Adición	3%	200	160°C	15.25%
1	Patrón	0%	300	160°C	12.89%
2	Adición	1%	300	160°C	9.83%
3	Adición	2%	300	160°C	14.41%
4	Adición	3%	300	160°C	16.71%

Fuente: Autor

Gráfico 9: Variabilidad del desgaste del asfalto que estuvo 20Hrs en horno a una temperatura de 163°C al incorporarle diversos porcentajes de hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 22 y Grafico 9 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hileras de bambú, en este caso las briquetas asfálticas estuvieron a 160°C durante 20Hrs como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hileras son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hileras de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 24 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a más revoluciones mayor desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el grafico 9 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 300rev 9.83% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 300 rev tiene un desgaste de 12.89%, sin embargo las otras dosificaciones de 2 % y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada optima es la de 1% de adición de fibra.

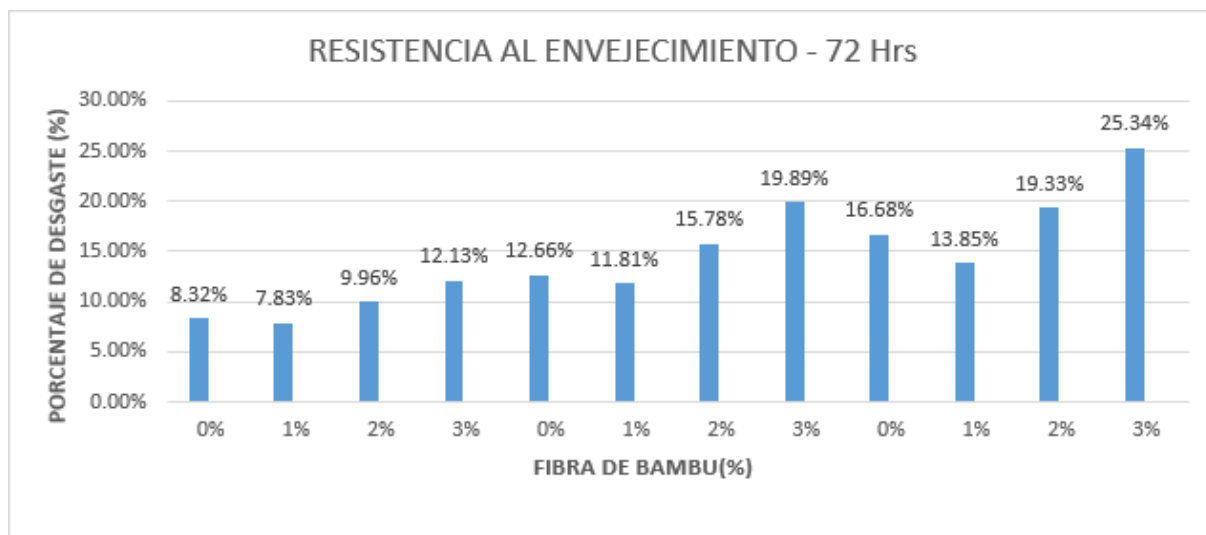
**OE 4:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra que estuvo 72 Hrs en horno a una temperatura de 163°C como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 23: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra que estuvo 72 Hrs en horno a una temperatura de 163°C tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

ENSAYO RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO - 72 Hrs					
Nº DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ /Adición	Nº DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	160°C	8.32%
2	Adición	1%	100	160°C	7.83%
3	Adición	2%	100	160°C	9.96%
4	Adición	3%	100	160°C	12.13%
1	Patrón	0%	200	160°C	12.66%
2	Adición	1%	200	160°C	11.81%
3	Adición	2%	200	160°C	15.78%
4	Adición	3%	200	160°C	19.89%
1	Patrón	0%	300	160°C	16.68%
2	Adición	1%	300	160°C	13.85%
3	Adición	2%	300	160°C	19.33%
4	Adición	3%	300	160°C	25.34%

Fuente: Autor

Gráfico 10: Variabilidad del desgaste del asfalto que estuvo 72Hrs en horno a una temperatura de 163°C al incorporarle diversos porcentajes de hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 23 y Grafico 10 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hileras de bambú, en este caso las briquetas asfálticas estuvieron a 160°C durante 72Hrs como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hileras son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hileras de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 26 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a más revoluciones mayor desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el grafico 9 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 300rev 13.85% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 300 rev tiene un desgaste de 16.68%, sin embargo las otras dosificaciones de 2 % y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada optima es la de 1% de adición de fibra.

### Prueba de Susceptibilidad Térmica:

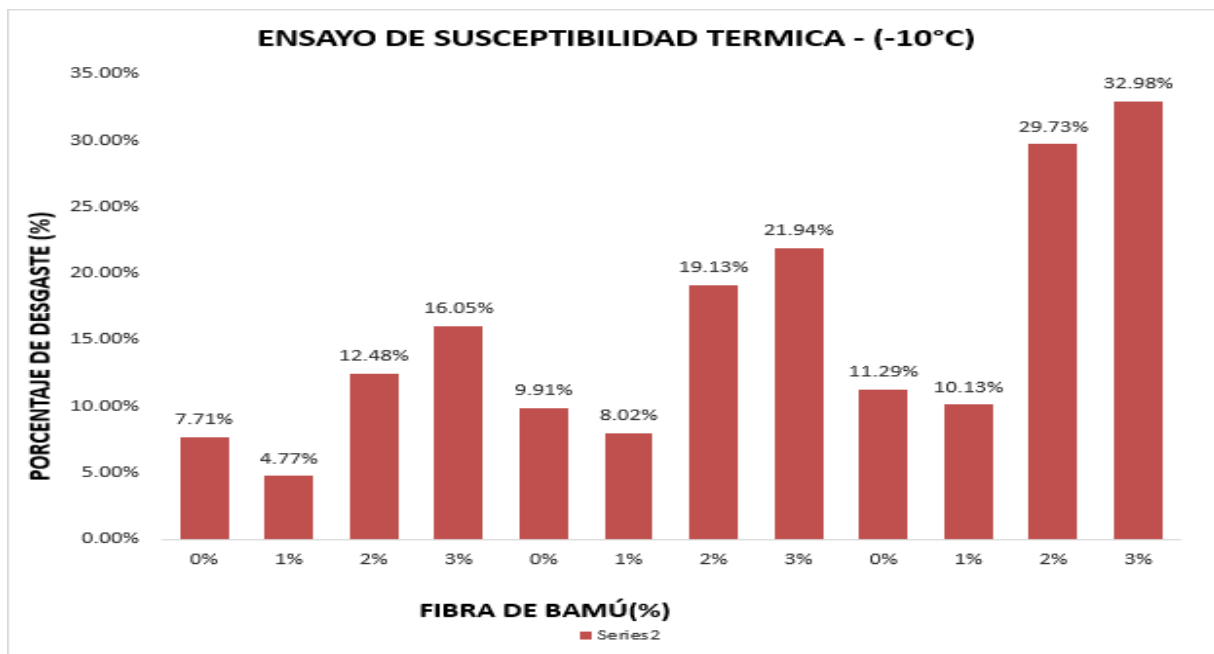
**OE 5:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra que estuvo 12 Hrs a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 24: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra que estuvo 12 Hrs a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

<b>ENSAYO SUSCEPTIBILIDAD TERMICA (<math>-10^{\circ}\text{C}</math>)</b>					
<b>N° DE BRIQUETA</b>	<b>TIPO DE MEZCLA</b>	<b>% DE BAMBÚ /Adición</b>	<b>N° DE REVOLUCIONES</b>	<b>TEMPERATURA <math>^{\circ}\text{C}</math></b>	<b>PROMEDIO</b>
1	Patrón	0%	100	$-10^{\circ}\text{C}$	7.71%
2	Adición	1%	100	$-10^{\circ}\text{C}$	4.77%
3	Adición	2%	100	$-10^{\circ}\text{C}$	12.48%
4	Adición	3%	100	$-10^{\circ}\text{C}$	16.05%
1	Patrón	0%	200	$-10^{\circ}\text{C}$	9.91%
2	Adición	1%	200	$-10^{\circ}\text{C}$	8.02%
3	Adición	2%	200	$-10^{\circ}\text{C}$	19.13%
4	Adición	3%	200	$-10^{\circ}\text{C}$	21.94%
1	Patrón	0%	300	$-10^{\circ}\text{C}$	11.29%
2	Adición	1%	300	$-10^{\circ}\text{C}$	10.13%
3	Adición	2%	300	$-10^{\circ}\text{C}$	29.73%
3	Adición	3%	300	$-10^{\circ}\text{C}$	32.98%

Fuente: Autor

Gráfico 11: Variabilidad del desgaste del asfalto que estuvo 12Hrs a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  al incorporarle diversos porcentajes de hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 24 y Gráfico 11 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hileras de bambú, en este caso las briquetas asfálticas estuvieron a  $-10^{\circ}\text{C}$  durante 12Hrs como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hileras son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hileras de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 26 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a más revoluciones mayor desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el gráfico 9 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 300rev 10.13% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 300 rev tiene un desgaste de 11.29%, sin embargo las otras dosificaciones de 2 % y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada óptima es la de 1% de adición de fibra.

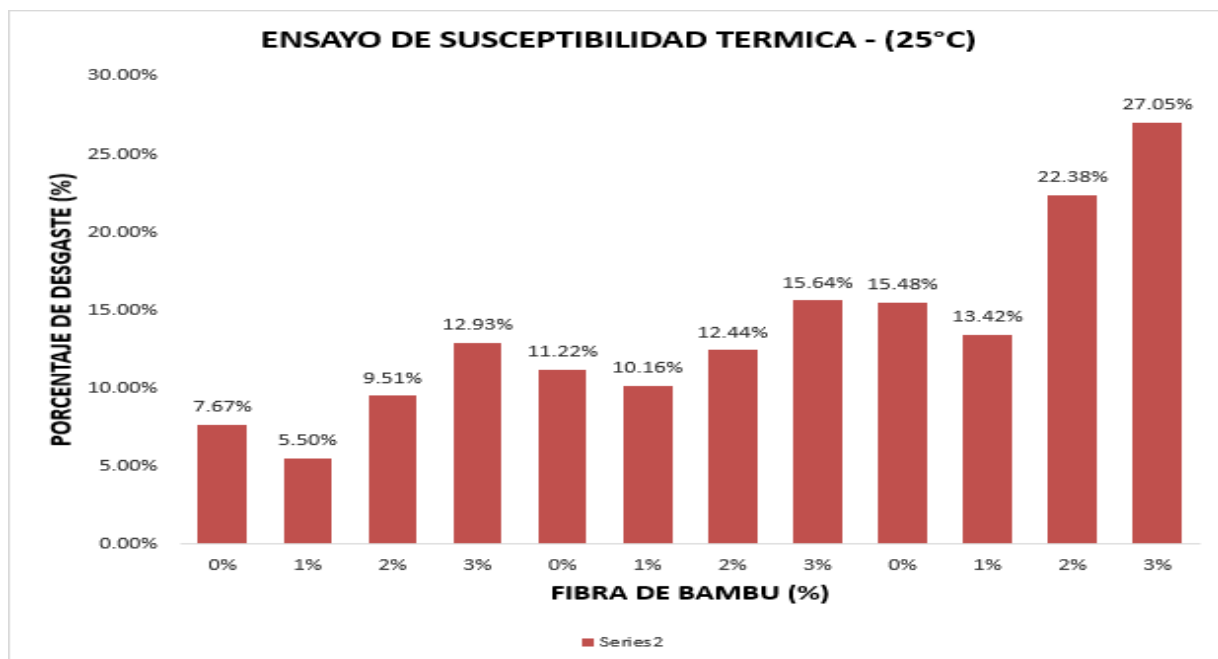
**OE 5:** Se pudo encontrar la variabilidad de resistencia al desgaste de una muestra que estuvo 12 Hrs a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 25: Datos adquiridos de la variación de desgaste de una muestra que estuvo 12 Hrs a una temperatura de -10°C tras añadir hileras de bambú en diversos porcentajes al asfalto.

<b>ENSAYO SUSCEPTIBILIDAD TERMICA (25°C)</b>					
<b>N° DE BRIQUETA</b>	<b>TIPO DE MEZCLA</b>	<b>% DE BAMBÚ /Adición</b>	<b>N° DE REVOLUCIONES</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>PROMEDIO</b>
1	Patrón	0%	100	25°C	7.67%
2	Adición	1%	100	25°C	5.50%
3	Adición	2%	100	25°C	9.51%
4	Adición	3%	100	25°C	12.93%
1	Patrón	0%	200	25°C	11.22%
2	Adición	1%	200	25°C	10.16%
3	Adición	2%	200	25°C	12.44%
4	Adición	3%	200	25°C	15.64%
1	Patrón	0%	300	25°C	15.48%
2	Adición	1%	300	25°C	13.42%
3	Adición	2%	300	25°C	22.38%
4	Adición	3%	300	25°C	27.05%

Fuente: Autor

Gráfico 12: Variabilidad del desgaste del asfalto que estuvo 12Hrs a una temperatura de 25°C al incorporarle diversos porcentajes de hileras de bambú



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 25 y Gráfico 12 podemos ver la variabilidad del desgaste del asfalto tras añadirle diversos porcentajes de hileras de bambú, en este caso las briquetas asfálticas estuvieron a 25°C durante 12Hrs como indica la norma, teniendo como resultado que los valores de desgaste del asfalto con hileras son mejores que los obtenidos por el asfalto tradicional solamente en la adición de 1% de hileras de bambú, porque a mayores cantidades de fibra en asfalto este aumento su desgaste.

También podemos ver que la tabla 26 es un extracto del ensayo donde se puede observar que las briquetas asfálticas sufren desgaste a distintas revoluciones que son 100 rev, 200 rev y 300 rev; por consiguiente se puede interpretar que a más revoluciones mayor desgaste va a sufrir el material asfáltico, por lo tanto según el gráfico 9 podemos ver que quien tiene menor desgaste es la mezcla con dosificación de 1% que tiene como resultado a 300rev 13.42% de desgaste comparándola con la muestra patrón que a 300 rev tiene un desgaste de 15.48%, sin embargo las otras dosificaciones de 2% y 3% sufren mayor porcentaje de desgaste, lo que concluimos que la mezcla modificada óptima es la de 1% de adición de fibra.

### Prueba de Resistencia flexión de asfalto en caliente:

Se pudo encontrar la variabilidad de la resistencia a flexión de una muestra semi circular como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

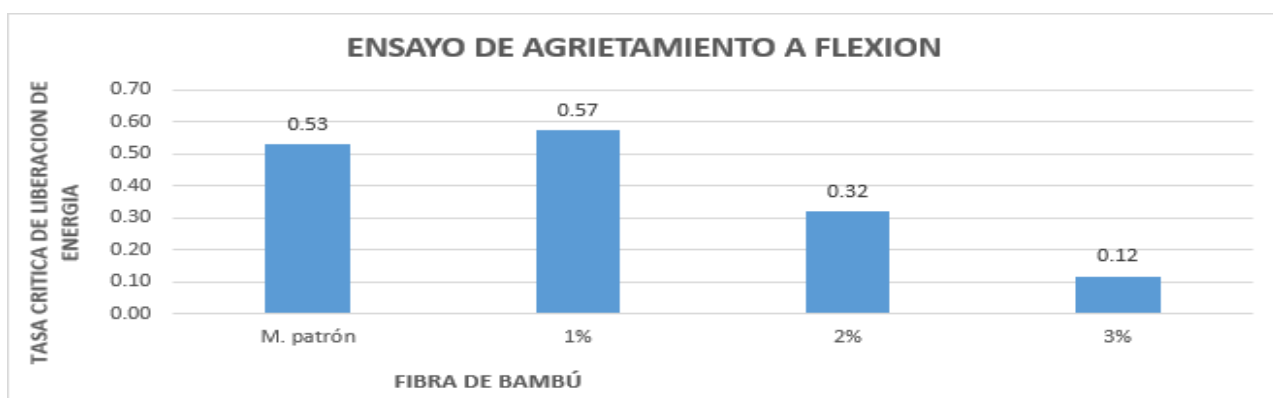
**OE 6:** Se pudo encontrar la variabilidad de la resistencia a flexión de una muestra semi circular como indica la norma al añadirle hileras de bambú al asfalto y el resultado adquirido fue que la adición de 1% es la recomendable.

Tabla 26: Resumen – Ensayo de Agrietamiento Flexión

CUADRO RESUMEN DEL ENSAYO DE AGRIETAMIENTO A FLEXION				
	M. patrón	1%	2%	3%
ENERGIA DE DEFORMACION (KJ)	0.0265	0.0287	0.016	0.0058
ESPESOR DEL ESPECIMEN (m)	0.500	0.500	0.500	0.500
TAMAÑO DE LA RANURA (m)	0.100	0.100	0.100	0.100
<b>TASA CRITICA DE LIBERACION DE ENERGIA (KJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0.53</b>	<b>0.57</b>	<b>0.32</b>	<b>0.12</b>

Fuente: Autor

Gráfico 13: Variabilidad de resistencia a flexión del asfalto incorporándole diversos porcentajes de hileras



Fuente: Autor

**Interpretación:** En la Tabla 26 y Grafico 13 se muestra la variabilidad de la resistencia al agrietamiento del asfalto al incorporarle diferentes dosificaciones de hileras de bambú, en este caso se hicieron especímenes semicirculares cumpliendo con la norma, teniendo como resultado que la adición de mezcla más resistente es de 1% comparándola con la tradicional y a las otras adiciones de hilera, ya que a mayores cantidades de porcentaje de hileras de bambú disminuye considerablemente la solidez.

Podemos ver que la tabla 29 es un resumen del ensayo donde se puede observar la tasa crítica de energía para la mezcla patrón y para cada porcentaje de adición, según la norma ASTM D 8044-16 nos recomienda que para asegurar asfalto con una adecuada solidez los resultados deberían estar entre 0.50 KJ/m<sup>2</sup> y 0.60 KJ/m<sup>2</sup> indicando que son valores altos, por consiguiente los datos requeridos fueron: para el asfalto adicionado de 1% tuvo una resistencia de 0.57 KJ/m<sup>2</sup>, para la mezcla con adición de 2% tuvo una resistencia de 0.32KJ/m<sup>2</sup>, para la mezcla con adición de 3% tuvo una resistencia de 0.12KJ/m<sup>2</sup> y la mezcla patrón tuvo una resistencia de 0.53 KJ/m<sup>2</sup>, por lo tanto se llegó a la conclusión que el asfalto adecuado es 1% de adición.

**Prueba de Circulo de Arena que mide la Macrotextura del pavimento se obtuvieron los siguientes resultados:**

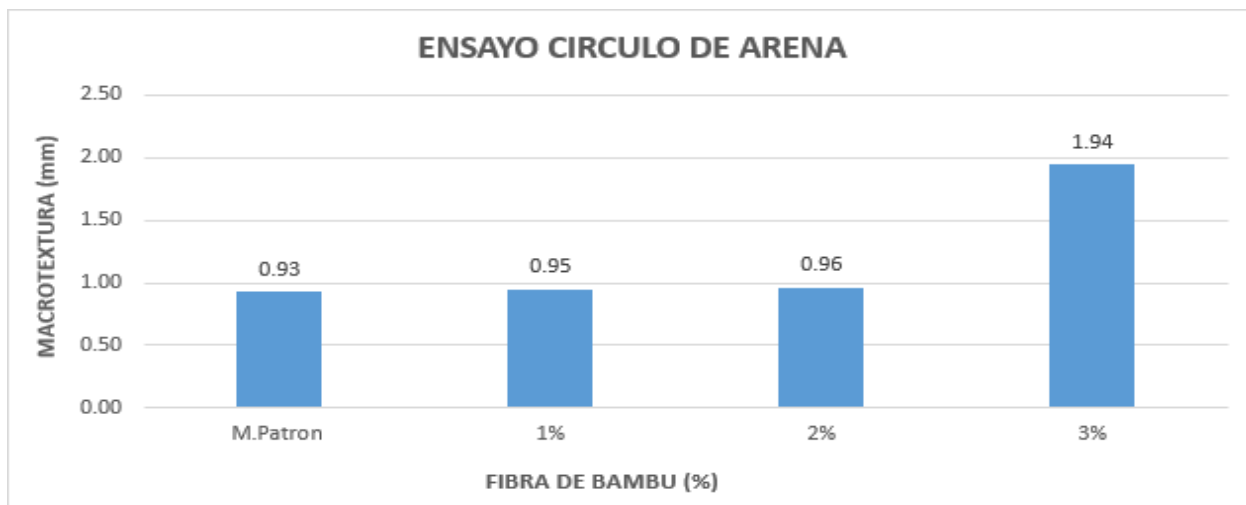
**OE 7:** Se determinó el acabado superficial de un área asfáltica en caliente como indica la norma, resultando la dosificación esperada de 3% de fibra.

Tabla 27: Datos adquiridos de la prueba de circulo de arena en diversos porcentajes de hileras de bambú

ENSAYO CIRCULO DE ARENA				
	M.Patron	1%	2%	3%
D1 (mm)	282	250	275	185
D2 (mm)	268	270	280	197
D3 (mm)	280	295	275	190
D4 (mm)	287	292	270	200
Promedio(mm)	279.25	276.75	275	193
Macrotextura superficial (mm)	0.93	0.95	0.96	1.94

Fuente: Autor

Gráfico 14: Variabilidad de del acabado superficial incorporándole diversos porcentajes de hileras



Fuente: Autor

**Interpretación:** Podemos apreciar que en la Tabla 27 y Grafico 14 se muestra la variabilidad de la macrotextura superficial del asfalto al incorporarle diversos porcentajes de hilera de bambú, en este trabajo se hicieron moldes rectangulares de 1600 cm<sup>2</sup> obedeciendo lo que mandaba la norma, teniendo como resultado que los valores de macrotextura del asfalto con adición son mejores que los valores del asfalto tradicional.

En la tabla 30 se puede observar que tanto para el asfalto tradicional como para el asfalto con adición se han tomado diferentes diámetros como indica la norma para luego sacar un diámetro promedio y obtener la macrotextura superficial de cada mezcla, teniendo como resultados que todas las mezclas cumplen con los requisitos para ser denominado como macrotextura que son estar entre de 0.5 mm a 50 mm, sin embargo las macrotextura mas altas dan la seguridad en la carretera determinando la adherencia entre el vehículo y la superficie por lo tanto si vemos en el grafico 14 concluimos que la mejor muestra asfáltica es la de 3% de adición de fibra.

#### **Comparación económica entre el asfalto tradicional y el asfalto adicionado**

**OE 8:** A continuación, podemos ver la comparación económica entre el asfalto tradicional y el asfalto adicionado tomando en cuenta los precios unitarios actualizados

Tabla 28: Costo por m3 de asfalto tradicional

APU MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por: m3	\$	498.02	(sin IGV)		
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$
<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0321	16.05	0.52
OPERARIO	hh	1.0000	0.0321	19.53	0.63
PEON	hh	3.0000	0.0964	14.44	4.18
					<b>5.32</b>
<b>Materiales</b>					
PETROLEO DIESEL #2	gal		5.800	10.84	62.87
FILLER ( P/ASFALTO)	m3		0.120	21.94	2.63
PIEDRA CHANCADA ( P/ ASFALTO)	m3		0.520	34.98	18.19
ARENA ( P/ ASFALTO)	m3		0.430	61.97	26.65
CEMENTO ASFALTICO PEN (60/70)	kg		132.290	2.61	345.28
					<b>455.62</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	2	0.1
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3yd3	hm	1.0000	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0643	139.38	8.96
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	530.00	17.01
					<b>37.08</b>
					<b>498.02</b>

Fuente: Autor

Tabla 29: Costo por m3 de asfalto adicionado

APU MEZCLA ASFALTICA CON ADICION						
Partida	PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 60/70					
Rendimiento	m3/DIA					
Costo unitario directo por: m3	\$	818.02 (sin IGV)				
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0321	16.05	0.52	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0321	19.53	0.63	
PEON	hh	3.0000	0.0964	14.44	4.18	
					<b>5.32</b>	
<b>Materiales</b>						
PETROLEO DIESEL #2	gal		5.800	10.84	62.87	
FILLER (P/ASFALTO)	m3		0.120	21.94	2.63	
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.520	34.98	18.19	
ARENA ( P/ ASFALTO)	m3		0.430	61.97	26.65	
CEMENTO ASFALTICO PEN (60/70)	kg		132.290	2.61	345.28	
FIBRA DE BAMBÚ	kg		40.000	8.00	320.00	
					<b>775.62</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.050	2	0.1	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125- 155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0321	170.08	5.46	
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.83	5.55	
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0643	139.38	8.96	
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	530.00	17.01	
					<b>37.08</b>	
					<b>818.02</b>	

Fuente: Autor

**Interpretación:** Comparando los precios obtenidos de las 2 tablas podemos deducir que por m3 de asfalto adicionado es 39.12% mas costoso que el asfalto tradicional.

### Aprovechamiento

### Tiempo de duración del pavimento:

Punto de suma validez para la construcción de carreteras es el tiempo que tarda un pavimento en necesitar de mantenimiento

Tabla 30: Tiempo de vida de una autopista de asfalto

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFALTICA CON ADICION
VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO	20 años	30 años

Fuente: Autor

**Interpretación:** Como se ha podido analizar en todos los ensayos la mezcla con adición de 1% ha dado mejores resultados que la mezcla patrón tanto en las propiedades mecánicas como físicas por lo tanto esta investigación da conclusión que el asfalto adicionado de bambú puede ser económicamente más caro diseñar, pero si comparamos a largo plazo resultaría beneficioso optar por la mezcla con adición ya que evitarías gastos en mantenimiento de carreteras debido al elevado porcentaje de resistencia que tiene este pavimento modificado para resistir deformaciones, además de contribuir al medio ambiente con la utilización de este material ecológico.

## Discusión

Según las conclusiones de Castro et al. (2022) de su estudio, la fibra de coco que incorporó a la MAC en diferentes dosis de 1.00%, 0.80% y 0.5%, en comparación con la mezcla estándar convencional (2838.00 kg). afirma que la estabilidad ha disminuido. Por otro lado, con el adiconamiento de hilera de coco se logró un equilibrio de 2600 kg kg, 2448 kg y 2749 kg. Por lo tanto, estos autores especifican el equilibrio mínimo de la mezcla asfáltica es 815 kg, cumpliendo con la normativa del MTC del Perú. Sin embargo, si lo comparamos con este estudio, encontramos claras contradicciones. En este estudio, el uso de fibras de bambú logró un crecimiento en el equilibrio del asfalto, porque logró superar el equilibrio estándar. Dentro de la muestra (convencional) se logró un equilibrio de 3390 kg, pero al adicionar hileras de bambú en dosis de 1.00%, 2.00 y 3.00% obtuvimos un equilibrio de 3407.67 kg, 3117.77 kg y 2377.66 kg respectivamente. Esto significa que la adición de fibras tiene una consecuencia favorable en el equilibrio del asfalto y la mejora. Sin embargo, es importante señalar que este aumento de estabilidad sólo se produce con una dosis de 1% de hilera (alcanzando un valor de equilibrio de 3407,67 kg). Las dosis más altas dan como resultado una estabilidad disminuida, siendo la dosis del 1% la que tiene la estabilidad más baja. 3% de fibra de bambú son 2377,66 kg. Finalmente, podemos concluir que, desde el punto de vista del equilibrio, la dosis óptima para este estudio era 1% de fibra de bambú.

En la prueba Cántabro, para el presente estudio, se evidencia que, al aumentar el porcentaje de hileras, el asfalto presenta un mayor desgaste por abrasión a 300 revoluciones desde 14.37% para el asfalto tradicional y a 11.66% para el asfalto adicionado, por ende, pierde cohesión, adhesividad y resistencia al envejecimiento; mientras que, en el análisis de (Pérez, 2011) concluye que, la prueba de desgaste se pudo observar que a más presencia de material reutilizado en el asfalto, las pérdidas por desgaste disminuyen, sin embargo, lo antes mencionado no se cumple para el asfalto adicionado al compararla con el asfalto tradicional. Las pérdidas del asfalto con 1 % de hileras son menores a las pérdidas del asfalto tradicional, pero si le ponemos más porcentaje de hileras, el desgaste aumentara con respecto a la mezcla tradicional, de todos modos, así se ponga cualquier porcentaje ya sea en 2% y 3% de hilera al asfalto tienen buena cohesión, adhesividad y resistencia al envejecimiento, presentando

pérdidas por desgaste inferiores a las máximas admitidas (menores a 15%) de acuerdo con la normativa española así como también aumenta la rigidez de las mezclas. Para la prueba de circunferencia de arena fina que es un método aforado que sirve para ver la macrotextura superficial del pavimento, en este caso pasó algo distinto a los valores que tuvimos en las pruebas para otras características, ya que en los 3 porcentajes de adicionamiento de hileras de caña se obtuvieron mejores números que la mezcla tradicional, estos resultados de macrotextura superficial fueron los siguientes: Para la adición de fibra de 1% se obtuvo 0.95 mm, para la adición de fibra de 2% se obtuvo 0.96 mm, para la adición de fibra de 3% se obtuvo 1.94 mm y para la mezcla convencional se obtuvo 0.93 mm, por lo tanto cumpliendo con la norma IMT donde te da unos parámetros de 0.5 mm a 50 mm, mientras mayor sea la macrotextura mejor será la seguridad vial, es decir mejor será la conexión entre el móvil y el suelo, entonces ya sabiendo los resultados podemos decir que el adicionamiento adecuando es 3 % de hileras de caña aunque sabiendo que las otras dosificaciones también cumplen con la norma del IMT.

De la mano con los valores de Jiménez, A. (2019) en su estudio dice que, al adicionar hileras acrílicas en el asfalto, utilizando diversos porcentajes de 0.15%, 0.20% y 25% se tiene un aumento de la flexión comparado con el asfalto tradicional, la que fue de 0.5 MPa, sin embargo, en el adicionamiento de hileras acrílicas se tuvo una flexión de 0.6 MPa, 0.8 MPa y 1.1 MPa respectivamente, para cada adicionamiento descrito. entonces el autor concluyó que la hilera acrílica y la solidez a flexión están relacionados, porque a más ceniza más es la solidez a la compresión. Comparando con esta investigación, se puede ver que hay similitud, porque en este estudio al utilizar hileras de caña tendremos aumento de solidez a la flexión en el asfalto, superando a la muestra tradicional, la que logró una solidez de fisuración a la flexión de 0.53 KJ/m<sup>2</sup>, sin embargo, que adicionando hileras de caña en porcentajes de 1.00%, 2.00% y 3.00% se obtuvo una resistencia a la flexión de 0.57 KJ/m<sup>2</sup>, 0.32 KJ/m<sup>2</sup> y 0.12 KJ/m<sup>2</sup>, respectivamente. Por lo tanto, el adicionamiento de hileras de caña logra un golpe bueno en el asfalto en, logrando mejorarla. Pero, resulta necesario señalar que este aumento de la solidez a la flexión ocurre únicamente en el adicionamiento de de 1% de hilera de caña (donde se tuvo un valor de solidez de 0.57 KJ/m<sup>2</sup>), ya que a más porcentaje de hilera de caña se puede ver una bajada en la solidez flexión, resultando la menor solidez a la flexión 0.12 KJ/m<sup>2</sup> para el adicionamiento de 3% de hilera de caña. Por lo tanto, podemos concluir que en esta prueba de solidez a la flexión la muestra adecuada es 1% de adicionamiento de hilera de caña.

## Conclusiones

- 1- El adicionamiento de hilera de caña provoca un golpe positivo en el asfalto en lo respecta a su equilibrio, consiguiendo mejorarla. Pero, es inesperado señalar que este aumento del equilibrio solo se da en el adicionamiento de 1% de hilera de caña (se tiene un equilibrio de 3407.67 kg), ya que más adicionamiento se ve una bajada del equilibrio, entonces quien tiene menor equilibrio es el adicionamiento de 3% con 2377.65 kg. Por lo tanto, se concluye que, en lo referente al equilibrio, la muestra adecuada a emplearse resultó ser 1% de hilera de caña.
- 2- En cuanto a la deformación, esta característica logró mejorar al añadir hilera de caña en el asfalto, sin embargo, esta disminución de la deformación solo ocurre en la dosificación de 1% de fibra (8.30 mm). Porque a más adicionamientos ya se aprecia un aumento de deformación, por consiguiente, la mayor deformación la tiene la muestra de 3% de hilera de caña con (9.50mm). Por lo tanto, podemos concluir que el adicionamiento adecuado es el 1% de hilera de caña.
- 3- La hilera de caña logró mejorar la adhesividad de los materiales del asfalto, pero este aumento de solidez solo se da en la mezcla adicionada de 1% tanto para la mezcla que estuvo en agua durante 4 días que tuvo un porcentaje de desgaste de 23.78 % como para la mezcla que se ensayó seca que tuvo un porcentaje de desgaste de 11.66%, ya que a más porcentaje de hilera de caña ya podemos ver un aumento de desgaste, por consiguiente la de menos adhesividad para el porcentaje de mezcla de 3% de hilera, tanto para la mezcla en agua con 27.58% de desgaste como para la mezcla seca de 18.92 % de desgaste. Por lo tanto, podemos concluir que con respecto a esta prueba de adhesividad la mezcla con mayor solidez al desgaste es la de 1% de hilera de caña.
- 4- En cuanto a la solidez al envejecimiento la hilera de caña mejoró esta característica del asfalto, pero este aumento se da solo en el porcentaje de 1% de adicionamiento de hilera de caña tanto para la mezcla que estuvo en horno durante 0Hrs que tuvo un porcentaje de desgaste de 4.36 % como para la mezcla que estuvo en horno durante 20 Hrs que tuvo un porcentaje de desgaste de 9.83% y para la mezcla que estuvo en horno durante 72 Hrs que tuvo un porcentaje de desgaste de 13.85 %, porque a más porcentaje de hilera de caña ya podemos ver un aumento de desgaste, por consiguiente la mezcla que tiene menos solidez al envejecimiento es la de 3% de hilera tanto para la mezcla en horno durante 0Hrs con 42.66% de desgaste, la mezcla en horno durante 20 Hrs con 16.71 % de desgaste y para la mezcla que estuvo durante 72 Hrs con 25.34% de desgaste. Por lo tanto,

podemos concluir que con respecto a esta prueba de solidez al envejecimiento la mezcla con menor desgaste es la de 1% de adiconamiento de hilera de caña.

- 5- En cuanto a la Susceptibilidad a la T° la hilera de caña mejoró esta característica del asfalto, pero este aumento se da solo en el porcentaje de 1% de adiconamiento de hilera de caña tanto para la mezcla que estuvo a -10°C durante 12Hrs que tuvo un porcentaje de desgaste de 10.13% como para la mezcla que estuvo A 25°C durante 12 Hrs que tuvo un porcentaje de desgaste de 13.42%, porque a más porcentaje de hilera de caña ya podemos ver un aumento de desgaste, por consiguiente la mezcla que tiene menos solidez al envejecimiento es la de 3% de hilera tanto para la mezcla que estuvo a -10°C durante 12Hrs con 32.98% como para la mezcla que estuvo a 25° c durante 12 Hrs con 27.05%. Por lo tanto, podemos concluir que con respecto a esta prueba de solidez a la T° que la mezcla con menor desgaste es la de 1% de adiconamiento de hilera de caña.
  
- 6- En cuanto a la solidez al agrietamiento por flexión la hilera de caña mejoró esta característica del asfalto, pero este aumento solo se da en el adiconamiento de 1% hilera de caña con respecto a la mezcla tradicional y a las demás adiciones de hilera, estos resultados fueron los siguientes: Para la mezcla de 1%, 2%,3% y mezcla convencional se obtuvo una resistencia de 0.57KJ/m<sup>2</sup>, 0.32 KJ/m<sup>2</sup>, 0.12KJ/m<sup>2</sup> y 0.53KJ/m<sup>2</sup> respectivamente, porque a más porcentaje de hilera de caña podemos ver una disminución de solidez en el asfalto, siendo la de menos solidez al agrietamiento flexionado para el adiconamiento de 3% de fibra con 0.12KJ/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, podemos concluir que la mezcla adecuada según esta prueba es la de 1% de adiconamiento de hilera de caña.
  
- 7- En cuanto a esta prueba la hilera de caña en el asfalto logró mejorar la macrotextura superficial del pavimento que según norma del IMT ( Instituto Mexicano del Transporte) debe estar entre 0.5 mm y 50 mm siendo muy recomendable que mientras más alta sea la macrotextura dará una mejor seguridad en carretera, es decir una mejor adherencia entre la superficie y el vehículo , por consiguiente los resultados obtenidos con adición de fibra en 1% es 0.95 mm, en 2% es 0.96 mm, en 3 % es 1.94 mm y en la

mezcla patrón es 0.93 mm de macrotextura superficial, por lo tanto, llegamos a la conclusión que la dosificación optima es 3 % de fibra de bambú.

- 8- Por ultimo y no menos importante se hizo una comparación económica, en la que la productividad de asfalto tradicional tiene un precio unitario por m<sup>3</sup> de S/ 498.02, pero mezcla adicionada con hilera de caña tiene un precio unitario por m<sup>3</sup> de S/ 818.02. se puede observar que tiene un gasto de S/ 320 por m<sup>3</sup>, esto se debe al adicionamiento de hilera de caña que tiene el asfalto. Pero si analizamos correctamente no solo desde el gasto directo del diseño sino desde el punto de vista a largo plazo, resultaría beneficioso optar por la mezcla con adición ya que evitaras gastos en mantenimiento de carreteras debido al alto flujo que tiene este pavimento modificado para resistir deformaciones, además de contribuir al medio ambiente con la utilización de este material ecológico.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar mayores estudios utilizando diferentes materiales ecológicos para así ayudar a disminuir la huella de carbono.
- 
- En los posibles estudios futuros y pruebas que se le harán al asfalto añadiéndole cualquier material que ayude a aumentar su solidez es importantísimo utilizar el EPP (equipo de protección personal), para así evitar accidentes.
- Para realizar cualquier prueba es muy importante guiarse de la normatividad peruana para hacer un estudio o construcción de calidad.
- Para obtener una mezcla asfáltica suficientemente caliente, es importante mantener en todo momento una temperatura aceptable tanto en el árido como en el ligante y en los equipos.

## Referencias

- [1] García, S. (2015). *Contaminación por las refinerías*.
- [2] Reyes-Ortiz, O., Troncoso-Rivera, J., & Reyes-Lizcano, F. (2005). Comportamiento mecánico y dinámico de mezclas asfálticas con aditivo fibroso.
- [3] Brunner, F. (2018). LANAMME produce asfalto de forma respetuosa con el medio ambiente.
- [4] Moreno, L., Trujillo, E. y Osorio, L. (2007). Un estudio de las propiedades físicas de los haces de fibras de *Guadua Angustifolia*. *Ciencia y Tecnología*
- [5] Giraldo, E. (2020). *Guadua y su impacto en el medio ambiente*.
- [6] FREIRE Karlen. Uso de vidrio esmerilado para reducir la contaminación en mezclas asfálticas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ingeniería 2018.
- [7] Rubén Serratos Ochoa (2014). Efecto del polvo de relleno sobre las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas superpave. Tesis: Universidad Autónoma de Querétaro - México.
- [8] López, D. y Puma, C. (2017). Caracterización de mezclas asfálticas en caliente preparadas con cemento asfáltico modificado con polímeros SBS y RET mediante la determinación del módulo de rigidez (Universidad Central del Ecuador).
- [9] Jiménez, C. (2016). Análisis comparativo de la estabilidad y la deformación del pavimento asfáltico con fibras celulósicas y pavimento asfáltico tradicional. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- [10] Manual de Experimentos de Laboratorio, Publicación Técnica N° 516 Sanfandila, Qro, 2018.
- [11] Instituto del Asfalto. 1992. Serie de Manuales N° 22: Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente. EE. UU: Instituto del Asfalto.
- [12] MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcciones. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- [13] Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)
- [14] Ghavami, K. & Marinho, A. (2005). Propiedades físicas e mecánicas de colmo entero de especie de bambú de *Guadua angustifolia*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9 (1), 107-114.
- [15] Londoño, X, Camayo, G, Riaño, N. & López, Y. (2002). Characterization of the anatomy

of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambúsoideae) culms. *Bamboo Science and Culture. The Journal of the American Bamboo Society*, 16 (1), 18-31

Youssefian, S. & Rahbar, N. (2015). Molecular origin of strength and stiffness in bamboo fibrils. *Scientific Reports*, 5 (11116), 1-13. DOI: 10.1038/srep11116.

[16] MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016. Manual de ensayo de materiales. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

[17] Norma AASHTO TP 57-01 (2004).

[18] Método universal de caracterización de ligantes (UCL) - 2005

[19] Norma Española. NLT-352/86. Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste. España.

[20] Normas NLT. Y, Ensayos de carreteras: NLT 335/87, medida de textura superficial de un pavimento por el método del círculo de arena.

[21] Norma ASTM D 8044-16.

[22] J. G. Bastidas-Martínez, H. A. Rondón-Quintana, L. Contreras-Zartha, S. Forero-Castaño, L. Rojas-Rozo, "Evaluación de una mezcla de concreto asfáltico con incorporación de agregados reciclados de concreto," *Rev. UIS Ing.*, vol. 20, no. 2, pp. 75-84, 2021, doi: 10.18273/revuin.v20n2-2021007.

[23] Jiménez, A. (2019). Análisis del desempeño de una mezcla asfáltica con fibra de bambú. (Tesis de Pregrado). Instituto tecnológico de Costa Rica.

[24] HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, Fernando Collado, Roberto y Baptista Lucio, Pilar. 2014. Metodología de la Investigación. 4ta ed. México D.F.: MC Graw Hill Education, 2014. ISBN: 970-10-5753-8

[25] Norma IMT (Instituto Mexicano del Transporte)

[26] PÉREZ, M. *Diseño y caracterización mecánica de mezclas discontinuas recicladas para capas de rodadura*. departamento de infraestructura del transporte y del territorio. Tesina de Especialidad. Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña. 2011.

[27] CASTRO, Harold. et al. Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente. *Revista de Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. [en línea]. 2022. 7(2), 176-190. ISSN: 2313-1926. [consultado el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1506/2156>

[28] LAU Marres, Hugo Germán. Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica

en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima – 2019. Tesis (Título deIngeniero Civil).  
Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de  
Ingeniería, 2019. 192 p.

## Anexos



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° **LEM USAT 018-2024-I**

FECHA: **23 de octubre 2024**

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** Eduardo Torres Mera

**TITULO DE LA TESIS:** Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Ensayo de Granulometría en agregados
- Absorción de los agregados
- Durabilidad (al sulfato de magnesio del agregado grueso y fino)
- Sales solubles totales de los agregados
- Abrasión de los ángeles del agregado grueso
- Partículas chatas y alargadas del agregado grueso
- Caras fracturadas del agregado grueso
- Azul de metileno (agregado fino)
- Índice de plasticidad (agregado fino)
- Ensayo de adhesividad de los materiales (Cántabro)
- Ensayo susceptibilidad a la temperatura (Cántabro)
- Ensayo de resistencia al envejecimiento (Cántabro)
- Ensayo de resistencia al agrietamiento a flexión de briquetas semi circulares
- Ensayo círculo de arena

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación Adjunto



**Henry Rivadeneyra Oblitas**  
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS**  
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

**TESIS** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles

**ESCUELA** : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferretale

**TESISTA** : Eduardo Torres Mera

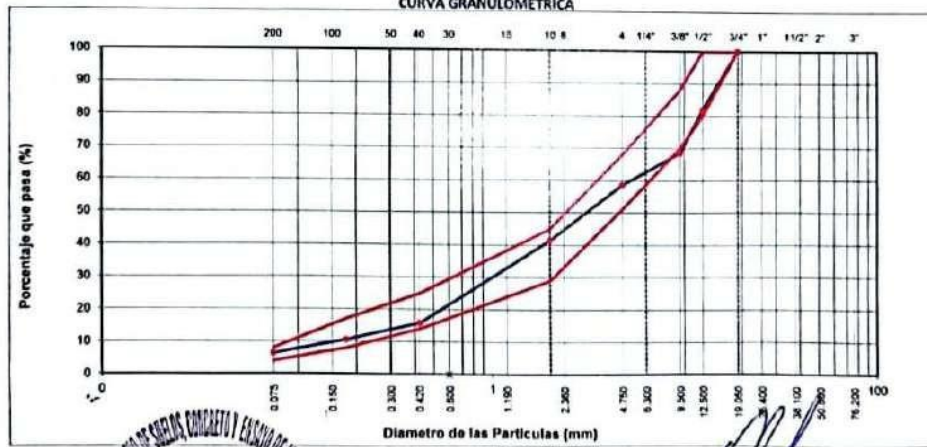
**DATOS DE DISEÑO**

Grava Chancada 3/4"	43%
Arena Chancada 1/4"	56%
Cemento (Fiber)	1%
Fibra de bambú	0%

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"  
 Peso Inicial seco : 3615 g

TAMIZ	AASHTO T-27 [mm]	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	80 100	
1/2"	12.500	652	18.0	18.0	82.0	67 85	
3/8"	9.500	485	13.4	31.5	68.5	60 77	
Nº 4	4.750	359	9.9	41.4	58.6	43 54	
Nº 10	2.000	392.0	17.1	58.5	41.5	29 45	Observación:
Nº 40	0.425	590.0	25.7	84.2	15.8	14 25	
Nº 80	0.177	121.0	5.3	89.5	10.5	8 17	
Nº 200	0.075	96.0	4.2	93.6	6.4	4 8	
< Nº 200	FONDO	146.0	6.4	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT



**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evacuación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 25 de abril 2024

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera** : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	988.3	988.3
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	677.29	677.29
3.- Peso del Agua	(g)	311.05	311.05
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	674.88	674.88
5.- Peso del Frasco	(g)	177.29	177.29
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	498	498
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.633
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.646
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.667
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.48

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Piedra Chancada - Tres Tomas

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1293	1293
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1299	1299
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del can	(g)	1661	1661
4.- Peso de la canastilla	(g)	895	895
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	766	766

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.425
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.437
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.455
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.50

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

USAT



(Pág. 01 de 01)

**TESISTA** : Eduardo Torres Mera  
**ESCUELA** : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
**TESIS** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : DISTRITO DE SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de mayo del 2024

**Ensayo** : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad  
**Referencia** : de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
**Referencia** : NORMA N.T.P. 400 016 ASTM C-88

## EXAMEN CUANTITATIVO

**Cantera** : Cantera Patapo  
**Muestra** : Arena gruesa

## I.- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	Nº 4	0.7
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	1.0
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	0.9
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	0.0
1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	1.4
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	1.4
300 µm	150 µm	

## II.- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	7.6
----------------	-----	-----

## OBSERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Henry Rivas Negra Obillas  
 Tec. LICENCIADO  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**

(Pág. 01 de 02)

TESISTA : Eduardo Torres Mera  
 ESCUELA : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Evaluacion de las propiedades mecanicas y fisicas de una mezcla asfaltica adicionandole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles

Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de mayo del 2024

Ensayo : AGREGADOS Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
 Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

**EXAMEN CUANTITATIVO**

Cantera : Tres Tomas  
 Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	5.0
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	5.2
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	Nº 4	5.7
9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL (%)	15.9
--------------------	------

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

(Pág. 02 de 02)

TESISTA : Eduardo Torres Mera  
 ESCUELA : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 TESIS : Evaluacion de las propiedades mecanicas y fisicas de una mezcla asfaltica adicionandole fibra de bambu

Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de mayo del 2024

Ensayo : AGREGADOS Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
 Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

**EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTICULAS QUE EXHIBEN FALLA**

Cantera : Tres Tomas  
 Muestra : Piedra chancada

Pasa	Retiene	Rajadas		Desmoronadas		Frajadas	Desdobladas	Total de partículas antes del ensayo
		Nº	%	Nº	%			
2"	1 1/2"	0	0	0	0	0	0	150
1 1/2"	3/4"	0	0	0	0	0	0	
1 1/2"	3/4"	0	0	10	7	0	0	

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 12 de abril del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u>	: Patapo		
<u>Muestra</u>	: Arena		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.02

**OBSERVACIONES :**

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 12 de abril del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<b>Cantera</b>	: Tres tomas	
<b>Muestra</b>	: Piedra	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	400
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.04

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Eduardo Torres Mera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
 Lugar : Chidayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chidayo 22 de abril del 2024

**ENSAYO** : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

**REFERENCIA** : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

**Cantera** : Cantera Tres Tomas  
**Muestra** : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	20.5
% de uniformidad	%	0.5

Requerimiento : 40 % Maximo

**OBSERVACIONES :**

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500



*[Handwritten Signature]*  
 Henry  
 Rivas Neyra  
 Oblitas  
 Tec. Laboratorio  
 USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

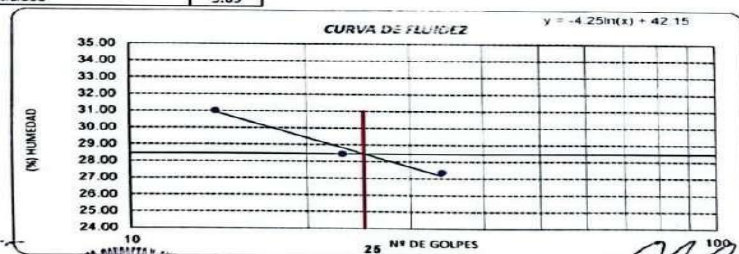


Tesista : Eduardo Torres Mera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 29 de abril del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 389.131

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
N° de tarro	12	15	16	1	20	
N° de golpes	34	23	14	14		
Tarro + suelo húmedo	36.55	39.39	47.23	47.23	17.98	
Tarro + suelo seco	34.5	36.9	42.1	42.1	16.8	
Agua	2.05	2.49	5.13	5.13	1.18	
Peso del tarro	27.01	28.15	25.56	25.56	12.00	
Peso del suelo seco	7.49	8.75	16.54	16.54	4.8	
Porcentaje de humedad	27.37	28.46	31.02	31.02	24.58	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	28.47
Límite Plástico	24.58
Índice de Plasticidad	3.89



Observaciones:



Henry  
 CORTÉS  
 TÉCNICO LABORATORIO  
 USAT

**Tesista** : Eduardo Torres Mera  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 12 de abril del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<b>Cantera</b>	: Tres tomas		
<b>Muestra</b>	: Piedra		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	400
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.04

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Eduardo Torres Mera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tests : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%,2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 22 de abril del 2024

**ENSAYO** : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GROSOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

**REFERENCIA** : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

**Cantera** : Cantera Tres Tomas  
**Muestra** : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	20.5
% de uniformidad	%	0.5

Requerimiento: 40 % Maximo

**OBSERVACIONES :**

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500



*[Handwritten Signature]*  
 Henry  
 Rivas  
 Obilias  
 Tec. Laboratorio  
 USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENLAJO DE MATERIALES



**Testista:** Eduardo Torres Merat  
**Escuela:** Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis:** Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adiciónando fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**Lugar:** Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque  
**Fecha de ensayo:** Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

**PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS**  
 (NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

**Cartera:** Piedra Chancada - Tres Tomas

**A.- CON UNA CARA FRACTURADA.**

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT.	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g	---	---	---	---	---
2"	1 1/2"	7500.0 g	---	---	---	---	---
1 1/2"	1"	3000.0 g	---	---	---	---	---
1"	3/4"	1500.0 g	---	---	---	---	---
3/4"	1/2"	500.0 g	330.0	290.0	87.9 %	330.0 %	290.0 %
1/2"	3/8"	300.0 g	100.0	80.0	80.0 %	100.0 %	80.0 %
<b>TOTAL</b>		<b>57800.0 g</b>	<b>430.0 g</b>	<b>370.0 g</b>		<b>430.0 %</b>	<b>370.0 %</b>

**PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 86.0%**

**B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.**

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT.	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g	---	---	---	---	---
2"	1 1/2"	7500.0 g	---	---	---	---	---
1 1/2"	1"	3000.0 g	---	---	---	---	---
1"	3/4"	1500.0 g	---	---	---	---	---
3/4"	1/2"	500.0 g	330.0	139.0	42.1 %	330.0 %	139.0 %
1/2"	3/8"	300.0 g	100.0	97.0	97.0 %	100.0 %	97.0 %
<b>TOTAL</b>		<b>57800.0 g</b>	<b>430.0 g</b>	<b>236.0 g</b>		<b>430.0 %</b>	<b>236.0 %</b>

**PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 54.9%**

**NOTA:** La partículas fracturadas se cuentan por masa

USAT  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENLAJO DE MATERIALES  
  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Huacueneyra  
 Obitas  
 Tec. LABORATORIO  
 USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Eduardo Torres Mera  
 Escuela : Ingeniería civil y Ambiental  
 Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 03 de mayo del 2024

**AZUL DE METILENO**  
 ( NORMA: AASHTO TP 57 )

REFERENCIA DE LA MUESTRA  
 CANTERA : TRES TOMAS  
 APLICACIÓN : ASFALTO

MUESTRA M-01

FECHA DE ENSAYO viernes, 3 de Mayo de 2024

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino (N° 200)	Resultado	Especificación EG-213	
	Cada	NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pasa 200	Cada 0.5 ml	14.0	5.0	3	-	8
		14.0	5.0	3		

RESULTADOS PROMEDIOS : 3

FORMULA DE APLICACIÓN  

$$AM = \frac{C_{sol}}{P_{fino}}$$

TÉCNICO DEL LABORATORIO

Henry R. Huacnegra Obitas  
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

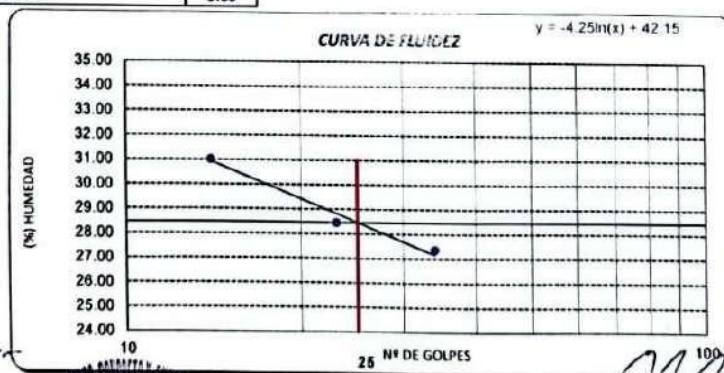


Tesista : Eduardo Torres Mera  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 29 de abril del 2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
	12	15	16	1	20	
N° de tarro	12	15	16	1	20	
N° de golpes	34	23	14	14		
Tarro + suelo húmedo	36.55	39.39	47.23	47.23	17.98	
Tarro + suelo seco	34.5	36.9	42.1	42.1	16.8	
Agua	2.05	2.49	5.13	5.13	1.18	
Peso del tarro	27.01	28.15	25.56	25.56	12.00	
Peso del suelo seco	7.49	8.75	16.54	16.54	4.8	
Porcentaje de humedad	27.37	28.46	31.02	31.02	24.58	

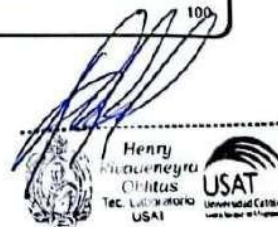
CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	28.47
Límite Plástico	24.58
Índice de Plasticidad	3.89



Observaciones:



TÉCNICO DE LABORATORIO



**Tesis:** Eduardo Torres Mera  
**Escuela:** Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tema:** Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionada de fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimento flexible  
**Lugar:** Chiclayo, Lambayeque  
**Fecha de ensayo:** Chiclayo, 03 de Mayo del 2024

**Muestra:** Arena  
**Centro:** Tres Tomas

DESCRIPCION	C - 1		
	1	2	3
MUESTRA N°	N° 4	N° 4	N° 4
TAMARO MAXIMA (mm.)			
HORA DE ENTRADA	5.01	5.05	5.10
HORA DE SALIDA	5.51	5.55	5.60
HORA DE ENTRADA	5.15	5.20	5.25
HORA DE SALIDA	5.35	5.40	5.45
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	7.20	8.60	8.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.10	4.20	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	56.9 %	48.8 %	47.5 %
<b>EQUIVALENTE DE ARENA (EA)</b>	<b>52 %</b>		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000)  
 Min 60 % Maximo

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de la Arena}}{\text{Lectura de la Arcilla}} \times 100$$

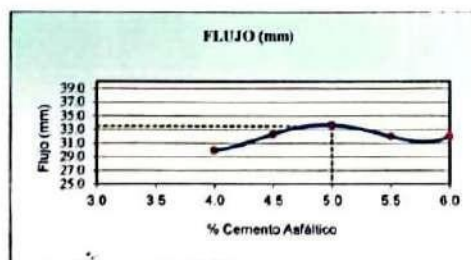
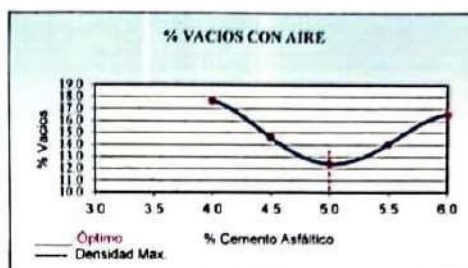
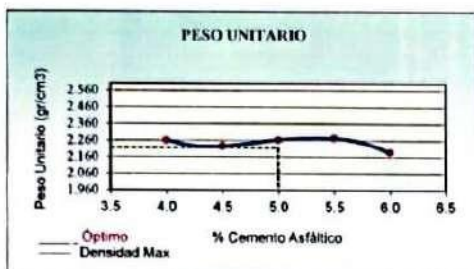
7 57  
 6.5





**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 246

**TESIS** : Evaluacion de las propiedades mecanicas y fisicas de una mezcla asfaltica adicionandole fibra de bambu en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**TESISTA** : Eduardo Torres Mera



RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.215
Vacios (%)	3.50
Vacios del Agregado mineral (%)	22.00
Vacios Llenados de C.A (%)	60.00
Flujo (mm)	8.51
Estabilidad (Kg)	3390
Relación Polvo Asfalto	0.73

Nota: El Optimo de la mezcla asfáltica se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

Tec. USAT



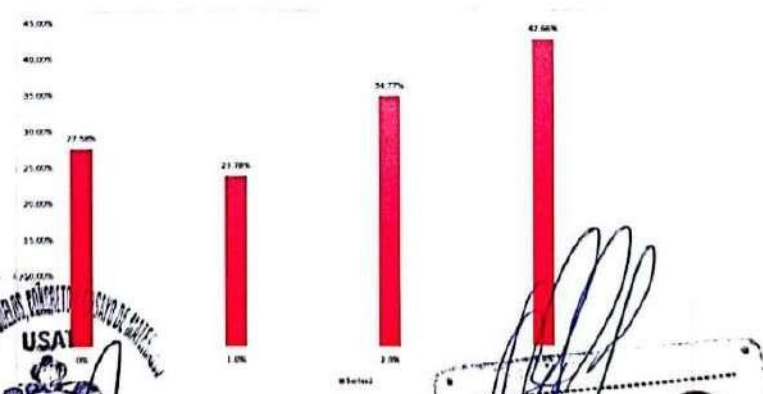
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS  
 MTC E 515**

TEMA	Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles
MATERIAL	Fibra de Bambú
CANTERA	Tres Torres - Ferreñafe
TESISTA	Eduardo Torres Mesa

ADHESIVIDAD DE LOS MATERIALES								
Nº DE BRUQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ /Adición	Nº DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	Patrón	0%	200	25°C	715.00	485	32.17%	27.54%
2	Patrón		200	25°C	705.00	550	21.99%	
3	Patrón		200	25°C	698.00	550	21.20%	
4	Patrón		200	25°C	757.00	489	34.97%	
1	Adición	1.0%	200	25°C	796.00	650	18.34%	23.79%
2	Adición		200	25°C	867.00	624	27.61%	
3	Adición		200	25°C	789.00	589	25.35%	
4	Adición		200	25°C	835.00	621	23.80%	
1	Adición	2.0%	200	25°C	832.00	450	28.47%	34.77%
2	Adición		200	25°C	852.00	440	32.52%	
3	Adición		200	25°C	821.00	368	40.74%	
4	Adición		200	25°C	835.00	385	39.37%	
1	Adición	3.0%	200	25°C	521.00	296	43.19%	42.84%
2	Adición		200	25°C	526.00	305	42.02%	
3	Adición		200	25°C	612.00	356	41.83%	
4	Adición		200	25°C	612.00	345	43.63%	



**NOTA**  
 El ensayo MTC E 515 se debe de ser superiores al 20% a 25 °C  
 El ensayo (MTC E 515) tras de finalizar las pruebas a un proceso de versación durante 24 horas a 60°C, no podrá ser superior al 40%.

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Henry Ancajimeyra  
 Oñillas  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



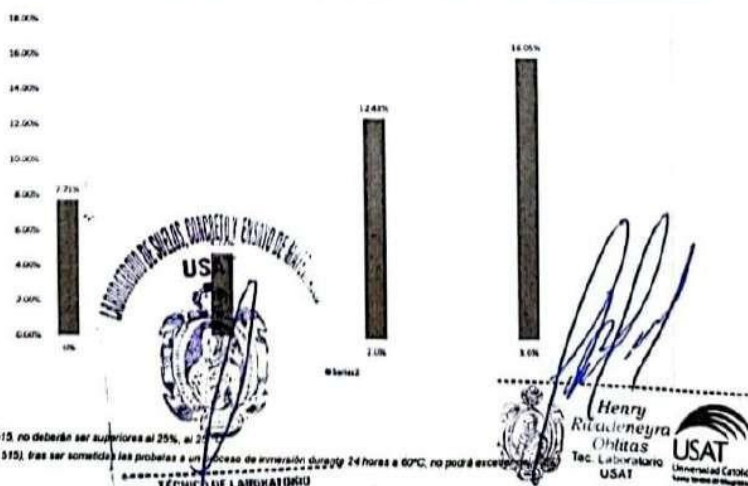
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS  
 MTC E 515**

TEXO	Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionándole fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles
MATERIAL	Fibra de Bambú
CANTERA	Tres Tomas - Ferreñafe
TECISTA	Eduardo Torres Mera

ENSAYO SUSCEPTIBILIDAD TERMICA								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ / Adición	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	-10°C	1250.96	1159	7.35%	7.71%
2	Patrón		100	-10°C	1125.60	1019	7.69%	
3	Patrón		100	-10°C	1115.60	1028	7.85%	
4	Patrón		100	-10°C	1234.00	1116	7.04%	
1	Adición	1.0%	100	-10°C	1087.42	1008.2	7.29%	4.77%
2	Adición		100	-10°C	1061.31	1021.3	3.95%	
3	Adición		100	-10°C	1101.93	1054.81	4.09%	
4	Adición		100	-10°C	1147.91	1105.61	3.74%	
1	Adición	2.0%	100	-10°C	942.00	850	9.77%	12.48%
2	Adición		100	-10°C	1142.60	980	14.23%	
3	Adición		100	-10°C	1101.93	960	13.04%	
4	Adición		100	-10°C	1147.91	1000	12.89%	
1	Adición	3.0%	100	-10°C	946.00	810	10.15%	16.95%
2	Adición		100	-10°C	1064.95	950	10.79%	
3	Adición		100	-10°C	1104.36	890	19.41%	
4	Adición		100	-10°C	1050.64	800	23.80%	





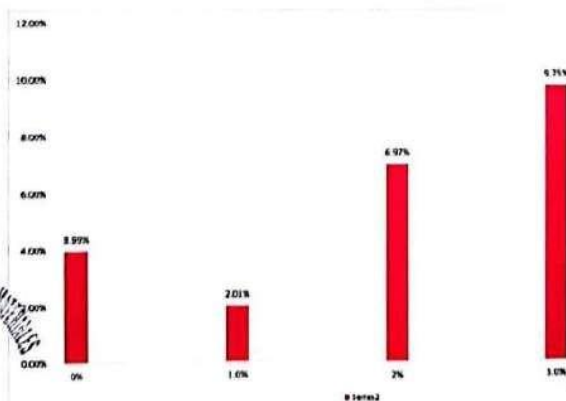
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS  
 MTC E 515**

TEMA	Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica adicionando fibra de bambú en 1%, 2% y 3% para el uso de pavimentos flexibles
MATERIAL	Fibra de Bambú
CANTERA	Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	Eduardo Torres Mera

ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO 0 hrs								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE MEZCLA	% DE BAMBÚ / Adición	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	Patrón	0%	100	25°C	1231.00	1208	1.87%	3.99%
2	Patrón		100	25°C	1052.00	1005	4.47%	
3	Patrón		100	25°C	1185.00	1120	5.33%	
4	Patrón		100	25°C	1215.00	1175	3.29%	
1	Adición	1.0%	100	25°C	1315.00	1289	1.98%	2.01%
2	Adición		100	25°C	1245.00	1209	2.89%	
3	Adición		100	25°C	1185.00	1165	1.60%	
4	Adición		100	25°C	1142.00	1125	1.49%	
1	Adición	2%	100	25°C	1016.00	930	8.46%	6.97%
2	Adición		100	25°C	1342.00	1090	4.55%	
3	Adición		100	25°C	1063.00	1000	5.93%	
4	Adición		100	25°C	1098.00	1000	8.93%	
1	Adición	3.0%	100	25°C	960.00	860	10.42%	9.75%
2	Adición		100	25°C	1025.00	930	9.27%	
3	Adición		100	25°C	1123.00	995	11.40%	
4	Adición		100	25°C	1075.00	990	7.91%	



NOTA: Los resultados de MTC E 515, no deberán ser superiores al 25%, a 25 °C.  
 El ensayo (MTC E 515), tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión durante 24 horas a 60°C, no podrá exceder del 40%.  
 Muestras ensayadas a 4 días saturadas

TÉCNICO DE LABORATORIO

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Tec. Laboratorio USAT

CUADRO RESUMEN DEL ENSAYO DE AGRIETAMIENTO A FLEXION				
	M. patrón	1%	2%	3%
ENERGIA DE DEFORMACION (KJ)	0.0265	0.0287	0.016	0.0058
ESPEJOR DEL ESPECIMEN (m)	0.500	0.500	0.500	0.500
TAMAÑO DE LA RANURA (m)	0.100	0.100	0.100	0.100
TASA CRITICA DE LIBERACION DE ENERGIA (KJ/m <sup>2</sup> )	0.53	0.57	0.32	0.12

#### ENSAYO DE AGRIETAMIENTO A FLEXION

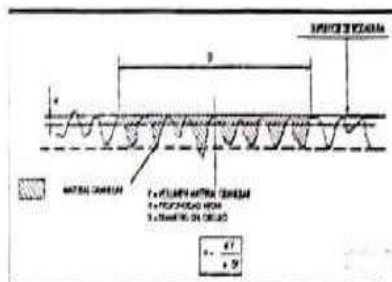


MACROTEXTURA\*

$$H = \frac{\Delta V}{\pi D^2}$$

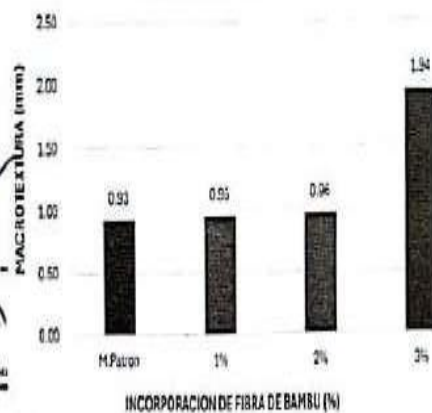
DATOS PRE ENSAYO

Altura recipiente h (mm)= 30  
 Diametro recipiente D (mm)= 49.14  
 Volumen recipiente V (mm<sup>3</sup>)= 56895.96



ENSAYO CIRCULO DE ARENA				
	M.Patron	1%	2%	3%
D1 (mm)	282	250	275	185
D2 (mm)	268	270	280	197
D3 (mm)	260	295	275	190
D4 (mm)	267	292	270	200
Daromedio (mm)	279.25	276.75	275	193
Macrotextura superficial (mm)	0.93	0.95	0.96	1.94

ENSAYO CIRCULO DE ARENA



  
 Henry Pineda  
 Ingeniero en Minas  
 USAT  
 TECNICO DE LABORATORIO

