



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Benites Cruz, Yossmel Pascual (ORCID: 0000-0003-1350-7671)

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

A Dios y a mis padres por su constante apoyo y amor, a mis hermanas y familia por su apoyo incondicional, a cada una de las personas que estuvieron alentándome a lo largo de este camino y poder cumplir mis objetivos y metas trazadas, infinitamente muchas gracias a todos.

## **Agradecimiento**

A Dios por darme vida y salud, a mis padres Clemente Benites y Dimas Cruz, quienes me apoyaron con sus valiosas sugerencias y moralmente para poder realizar la siguiente investigación.

De mismo modo agradezco a mis hermanas Noemi y Nancy Benites, familiares quienes me brindaron su apoyo incondicional, moral, económico, para lograr y cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos.

A la plana de docentes, trabajadores y compañeros que conforman la Universidad Cesar Vallejo.

Al Gerente y su plana de trabajadores del laboratorio de Estudios Especiales del MTC, por permitirme hacer el uso de sus instalaciones, en especial al equipo del área de asfaltos, suelos y química.

A la cantera SEOING EIRL por la proporción de piedra y arena chancada.

Al asesor de tesis al Ing. Carlos Minaya, por su exigencia para la elaboración de mi tesis.

A todos ellos, infinitas gracias

El autor.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de gráficos.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	29
3.2. Variables y operacionalización.....	31
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	32
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5. Procedimientos.....	35
3.6. Método de análisis de datos.....	35
3.7. Aspectos éticos.....	36
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>86</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>



## Índice de tablas

Tabla 1: Requerimiento para agregados gruesos .....	17
Tabla 2: Requisitos para los agregados finos .....	18
Tabla 3: Gradación para mezclas .....	19
Tabla 4: Selección para el tipo de cemento asfáltico .....	20
Tabla 5: Especificación técnica del cemento asfáltico por penetración.....	21
Tabla 6: Requerimientos de la granulometría del caucho .....	23
Tabla 7: Requerimiento para granos de plástico.....	24
Tabla 8: Requerimiento para mezclas asfálticas.....	25
Tabla 9: Ventajas y desventajas de asfalto modificado .....	27
Tabla 10: Rango de validez .....	34
Tabla 11: Resultado del Peso específico con absorción (agregado grueso) .....	40
Tabla 12: Peso específico con absorción (agregado fino).....	41
Tabla 13: Resultado del contenido de humedad.....	42
Tabla 14: Resultados de Equivalente de arena.....	43
Tabla 15: Resultados de límites de consistencia .....	43
Tabla 16: Resultado de Durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados.....	44
Tabla 17: Resultado de abrasión de los ángeles .....	45
Tabla 18: Resultado partículas chatas y alargadas .....	46
Tabla 19: Resultados del ensayo de caras fracturadas .....	46
Tabla 20: Resultados de terrones.....	47
Tabla 21: Resultado de impurezas orgánicas.....	48
Tabla 22: Resultado se Sales Solubles en agregados.....	48
Tabla 23: Resultado del azul de metileno .....	49
Tabla 24: Resultado de Adherencia del agregado grueso.....	50
Tabla 25: Riedel Weber .....	50
Tabla 26: Resultado de calidad del agregado grueso .....	51
Tabla 27: Resultado de calidad del agregado fino.....	51
Tabla 28: Granulometría para mezclas asfálticas .....	52
Tabla 29: Granulometría de agregados .....	52
Tabla 30: Determinación del MAC.....	53
Tabla 31: Granulometría del grano de caucho .....	53
Tabla 32: Dosificación de la mezcla asfáltica .....	54
Tabla 33: Selección del contenido óptimo del grano de caucho en el asfalto .....	54
Tabla 34: Datos obtenidos de otra tesis .....	59
Tabla 35: Selección del óptimo de granos de plástico reciclado en la mezcla.....	60
Tabla 36: Resumen de valores de parámetros Marshall de mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	65
Tabla 37: Resumen de valores de parámetros Marshall de mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico .....	73
Tabla 38: Costo de 1m <sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón.....	81
Tabla 39: Costo de 1m <sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 3% de caucho.....	82
Tabla 40: Variación de costos .....	82
Tabla 41: Costo de 1m <sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón.....	83
Tabla 42: Costo de 1m <sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 0.9% de plástico .....	84
Tabla 43: Variación de costos .....	85

## Índice de figuras

Figura 1: Estructura típica de un pavimento asfáltico.....	12
Figura 2: Estructura típica de un pavimento flexible.....	13
Figura 3: Fuerzas actuantes en un pavimento flexible.....	15
Figura 4: Cemento asfáltico.....	19
Figura 5: Grano de caucho.....	22
Figura 6: Grano de plástico.....	23
Figura 7: Código de plásticos termoplásticos.....	24
Figura 8: Plásticos termofijos.....	24
Figura 9: Ensayo Marshall.....	26
Figura 10: Área de estudio.....	38
Figura 11: cantera SEOING EIRL.....	38
Figura 12: Tamizado del agregado grueso y agregado fino.....	39
Figura 13: Cuarteo de agregado.....	39
Figura 14: Extracción de muestras para diferentes ensayos.....	39
Figura 15: Peso específico con absorción (agregado grueso).....	40
Figura 16: Peso específico con absorción (agregado fino).....	41
Figura 17: Contenido de humedad (material grueso y fino).....	41
Figura 18: Equivalente de arena.....	42
Figura 19: Índice de plasticidad malla N.º 40 y N.º 200.....	43
Figura 20: Durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados.....	44
Figura 21: Abrasión de los Ángeles.....	45
Figura 22: Partículas chatas y alargadas.....	45
Figura 23: Caras fracturadas.....	46
Figura 24: Terrones.....	47
Figura 25: Impurezas orgánicas (agregado fino).....	47
Figura 26: Sales solubles totales.....	48
Figura 27: Azul de metileno.....	49
Figura 28: Adherencia (agregado grueso).....	49
Figura 29: Adherencia de la arena.....	50
Figura 30: Granulometría y lavado por la malla N.º 200.....	50
Figura 31: Curva granulométrica del grano de caucho.....	53
Figura 32: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	55
Figura 33: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	55
Figura 34: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	56
Figura 35: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	56
Figura 36: Barra comparativa de absorción de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	57
Figura 37: Barra comparativa de estabilidad de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	57
Figura 38: Barra comparativa del flujo de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.....	58

Figura 39: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho .....	58
Figura 40: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico. ....	60
Figura 41: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico. ....	61
Figura 42: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.....	61
Figura 43: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico. ....	62
Figura 44: Barra comparativa de absorción de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.....	62
Figura 45: Barra comparativa de estabilidad de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.....	63
Figura 46: Barra comparativa del flujo de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico. ....	63
Figura 47: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico. ....	64
Figura 48: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho. ....	66
Figura 49: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	67
Figura 50: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	68
Figura 51: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	69
Figura 52: Barra comparativa de estabilidad del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	70
Figura 53: Barra comparativa del flujo del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho.....	71
Figura 54: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	72
Figura 55: Barra comparativa de absorción del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	72
Figura 56: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.....	74
Figura 57: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico .....	75
Figura 58: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla convencional y modificada con 0.9% de grano de plástico.....	76
Figura 59: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico .....	77
Figura 60: Barra comparativa de estabilidad de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.....	78
Figura 61: Barra comparativa del flujo de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico .....	79
Figura 62: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.....	80

Figura 63: Barra comparativa de absorción de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico ..... 80

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Peso específico de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho. ....	66
Gráfico 2: de vacíos de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	67
Gráfico 3: de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho.....	68
Gráfico 4: de VMA de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho .....	69
Gráfico 5: de estabilidad del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho.....	70
Gráfico 6: del flujo del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho.....	71
Gráfico 7: peso específico de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico. ....	74
Gráfico 8: vacíos de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.....	75
Gráfico 9: vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico .....	76
Gráfico 10: VMA de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico .....	77
Gráfico 11: estabilidad de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico	78
Gráfico 12: flujo de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.....	79

## Resumen

Esta investigación titulada “incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019, tuvo como objetivo determinar la dosificación optima que resulte favorable en las propiedades mecánicas y la disminución de costo en la producción de la mezcla asfáltica al incorporarle grano de caucho y plástico como modificador del cemento asfáltico.

Esta investigación se desarrolló con fin de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica añadiéndole materiales reciclables, de esta manera garantizar la durabilidad y la estabilidad de la carpeta asfáltica en obras de pavimentación de vías.

Las evaluaciones respectivas se realizaron en el ensayo Marshall determinando la estabilidad, flujo, el índice de rigidez y contenidos de vacíos de cada briqueta, con las dosificaciones de 3%, 6% y 9% para granos de caucho, de misma manera se realizó una evaluación mediante el análisis de datos con la incorporación de plástico reciclado con dosificaciones de 0.3%, 0.6% y 0.9%.

Finalmente, se pudo determinar una mejora en la durabilidad y estabilidad de la mezcla. Además, el costo disminuye respecto a una mezcla convencional con la incorporación de granos de caucho.

**Palabras claves:** Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, caucho, plástico, dosificación

## **Abstract**

This research entitled "incorporation of recycled rubber and plastic grain to determine the mechanical behavior of the asphalt mixture in Trapiche-Chillón Avenue, Lima 2019, aimed to determine the optimal dosage that is favorable in the mechanical properties and cost reduction in the production of asphalt mix by incorporating rubber and plastic grain as a modifier for asphalt cement.

This research was developed in order to improve the properties of the asphalt mix by adding recyclable materials, in this way guaranteeing the durability and stability of the asphalt binder in road paving works.

The respective evaluations were carried out in the Marshall test, determining the stability, flow, stiffness index and void contents of each briquette, with dosages of 3%, 6% and 9% for rubber grains, in the same way a evaluation through data analysis with the incorporation of recycled plastic with dosages of 0.3%, 0.6% and 0.9%.

Finally, an improvement in the durability and stability of the mixture could be determined. In addition, the cost decreases compared to a conventional mix with the incorporation of rubber grains.

**Keywords:** Mechanical properties of the asphalt mix, rubber, plastic, dosage

## I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras son importantes para el desarrollo de un país, por tal motivo las vías deben ser pavimentadas para garantizar la seguridad y la fluidez del tránsito. La estructura de un pavimento debe ser duradera y segura, pero a nivel mundial estas estructuras presentan distintas fallas a poco tiempo de su uso. Las fallas más comunes que presentan son la deformación, hundimiento, durabilidad, entre otros

<sup>1</sup> Debido a estas fallas tempranas que presentan estas estructuras algunos países como España, Ecuador y Portugal, están optando por usar materiales como el caucho de neumáticos reciclados como un modificador del asfalto, con el fin de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica como la estabilidad, el flujo y el contenido de vacíos. De mismo modo buscaron disminuir el costo en obras de pavimentación y la disminución de la contaminación del medio ambiental.

Por otro lado, el PET (Tereftalato de polietileno), plástico de botellas es uno de los materiales más usados en diversos países. Se consume estos materiales al realizar compras de bebidas, esto hace que se fabrique más plásticos y se recolecten muchas botellas usadas. La mayoría de estos materiales no son recicladas, simplemente son arrojadas en las vías públicas generando la contaminación del medio ambiente al descomponerse durante años. De misma manera se sabe que los plásticos de botellas tipo PET, tienen un buen rendimiento al someterle cargas repetidas y son resistentes a altas temperaturas<sup>2</sup>

Es por eso que los países como España, México, Ecuador y Colombia optaron por reciclar el caucho de neumáticos y el plástico PET para darle un uso responsable buscando una mejora en las propiedades de la mezcla asfáltica. Varias investigaciones internacionales afirman que el uso de estos dos materiales como modificador del cemento asfáltico mejoran las propiedades de la mezcla asfáltica. Al momento de realizar el ensayo Marshall se determinó la mejora en la estabilidad, el flujo y el contenido de vacíos en porcentajes considerables respecto a una mezcla convencional, además se pudo determinar que el uso de estos dos

---

<sup>1</sup> RICO, A. La ingeniería de suelos en vías terrestres 2: Carreteras ferrocarriles y autopistas. México: Limusa, 2005. ISBN 968-18-0079-6

<sup>2</sup> MARTINES, G, y otros. Materiales sustentables y reciclados en la construcción. Cite verte: OmniaScience, 2015. ISBN 978-84-943418-0-9



materiales como modificador disminuyen el costo en obras de pavimentación y disminuyen la contaminación ambiental<sup>3</sup>

En el Perú de las 26,791.9 Km de las vías nacionales solo el 66.9% están pavimentadas, en la vía departamental solo el 10.1% están pavimentadas y la red vial vecinal solo el 1% están pavimentadas. El Perú es uno de los países que tiene en gran parte sus carreteras y calles sin pavimentar. En algunos casos estos proyectos no duran mucho tiempo a causa de varios factores como la mala calidad de materiales, al clima, a los diseños incorrectos o el incumplimiento de normas establecidas por la ASTM o el manual del MTC. A estos problemas se le suma el alto costo de obras de pavimentación, lo cual dificulta al estado ejecutar este tipo de obras<sup>4</sup>

En varios departamentos del Perú como Lima, Tacna, Ayacucho y Ancash, se encontraron fallas de resistencia y la corta duración de pavimentos flexibles. Por otro lado, el Perú es uno de los países que genera gran cantidad de desechos de cauchos y plásticos de botellas, lo cual genera un alto grado de contaminación, es por eso que algunos investigadores implementaron mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica incorporándole caucho y plástico PET al cemento asfáltico o como un agregado, teniendo buenas mejoras como el aumento de la resistencia en un porcentaje considerable.

Debido al aumento de vehículos, el problema que presenta la avenida Trapiche-Chillón en su tramo de la avenida U y la Avenida Camino real en el distrito de Carabaylo es el deterioro en su pavimentación, lo cual afecta a los vehículos pesados y livianos que transitan por esta vía principal que conecta varios distritos del cono norte. Debido a la importancia de la avenida nos fomentó realizar la investigación en el tramo más deteriorado, buscando aumentar la resistencia y la duración de mezclas asfálticas con la incorporación del grano de plástico PET y el caucho reciclado en el cemento asfáltico, para dar solución a los problemas encontrados en la avenida, cuya fotografía se encuentra en el anexo N.º 5.

---

<sup>3</sup> RONDON, H y REYES, L. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Bogotá: Eco ediciones, 2015. ISBN: 978-958-771-176-9

<sup>4</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. <https://www.gob.pe/mtc>

## **Problema general**

¿De qué manera influirá la Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019?

## **Problemas específicos**

¿De qué manera la dosificación optima de granos de caucho influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019?.

¿De qué manera la dosificación optima de granos de plástico influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019?.

¿De qué manera la dosificación optima de granos de caucho influirá en el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019?.

¿De qué manera la dosificación optima de granos de plástico influirá en el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019?.

## **Justificación del estudio**

**Justificación técnica:** Debido al deterioro de vías y calles principales en el distrito de Carabaylo, en este caso la avenida Trapiche-Chillón nos obligó plantear una solución económica para mejorar la resistencia y durabilidad de mezclas asfálticas.

**Justificación metodológica:** Se realizo análisis con la incorporación del grano de caucho y plástico reciclado en la mezcla asfáltica y de esta manera obtener los resultados a favor o en contra de su uso.

**Justificación social:** La pavimentación de la avenida Trapiche-Chillón traerá muchos beneficios debido a que es una vía importante de gran transitividad y en la actualidad que sirve de conexión entre los distritos de los olivos, Comas, Carabayllo y permitiendo salir a la Panamericana Norte en Puente Piedra.

**Justificación económica:** Se obtuvo resultados de las propiedades de las mezclas asfálticas con la implementación del grano de plástico y caucho reciclado, analizando mediante la preparación de probetas con diferentes porcentajes de mezclas asfálticas en diferentes ensayos y análisis de datos. La mejor combinación será usada en el diseño y se podrá disminuir el costo de la mezcla.

**Justificación ambiental:** La investigación realizada busca la implementación de dos materiales tóxicos reciclables incorporando a las mezclas asfálticas para mejorar sus propiedades, de mismo modo se pudo comprobar que usando materiales reciclables se puede disminuir la contaminación del medio ambiente de una manera significativa.

### **Objetivo general**

Determinar cómo influye la Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

### **Objetivo específico**

Determinar la dosificación óptima de granos de caucho que mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

Determinar la dosificación óptima de granos de plástico que mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

Determinar si la dosificación óptima de granos de caucho disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

Determinar si la dosificación óptima de granos de plástico disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

### **Hipótesis general**

Mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica con la incorporación del grano de caucho y plástico reciclado en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

### **Hipótesis específicas**

La dosificación óptima de granos de caucho mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

La dosificación óptima de granos de plástico mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

La dosificación óptima de granos de caucho disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

La dosificación óptima de granos de plástico disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019

## II. MARCO TEÓRICO

En tanto FLORES, (2018). Con su tesis titulada “*Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú*”. De la Universidad Cesar Vallejo. Tuvo como objetivo incorporar el caucho a la mezcla para poder mejorar la estabilidad, el flujo, resistencia a la inmersión - compresión y la resistencia por daño a la humedad. Fue un estudio de tipo aplicada, la población y la muestra fueron 124 briquetas con 3 dosificaciones de granos de caucho de 5%, 10% y 20%; Los instrumentos usados fueron las fichas de observación. Se obtuvo resultados que el caucho con la dosificación del 5% mejoro la resistencia de la inmersión - compresión de la mezcla asfáltica en una resistencia 5% mayor que la mezcla patrón, de misma manera mejoraron su resistencia al daño por humedad en un 29% respecto a la mezcla convencional. Se concluyo que el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica mediante el ensayo Marshall con dosificación del 5% resulta ser la óptima. De misma manera se evaluará mediante la mezcla en caliente, con el propósito de que las mezclas y los modificadores se unan y trabajen en uniformidad <sup>5</sup>

Según VALVERDE, (2018). Con su tesis titulada “*influencia del tamaño de partículas de hule reciclado en las propiedades mecánicas del pavimento asfalto modificado*”. De la Universidad Cesar Vallejo. Con su objetivo de determinar el comportamiento de la mezcla asfáltica incorporando partículas de plástico con 3 dosificaciones de 10%, 15% y 20%, usando el cemento asfaltico PEN 60/70. Fue un estudio de tipo no experimental – correlacional. La población y muestra fueron el cemento asfaltico de 15 litros y 36 briquetas; los instrumentos empleados fueron protocolos de laboratorio. Obteniendo como mejor resultado la adición del 20% de hule reciclado. Mejorando el grado elástico, elevando el punto de ablandamiento y variación de estabilidad respecto a la muestra patrón. Con el 5.2% de mezcla asfáltica se obtuvo que la estabilidad mejoro a 2396kg y el flujo a 4.04mm. Logrando también mejora en la resistencia a la deformación en un 22.42%. Se concluyo que la incorporación de hule plástico, con semejanza a las botellas de plástico reciclado,

---

<sup>5</sup> FLORES, J. Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

aumento la estabilidad y de misma manera flujo de la mezcla asfáltica teniendo como mejor resultado con el 20% de dosificación<sup>6</sup>

Según SILVESTRE, (2017). Con su tesis titulado “*comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzados con plástico reciclado en la ciudad de lima*” de la Universidad Cesar Vallejo. El objetivo de la investigación fue comparar técnica y económicamente las mezclas tradicionales y las mezclas modificadas. Fue un estudio de tipo cuantitativo experimental, Tomando como muestra más de 60 briquetas; los instrumentos fueron recolección de datos. Teniendo como resultado de que las mezclas asfálticas modificadas aumentan la elasticidad en un 3.11% y el flujo a un 2.70%, de misma manera el precio disminuyó de la mezcla modificada en un 2.63% respecto a la mezcla tradicional. Se concluyo que la investigación nos asegura que la mezcla asfáltica mejora tanto técnica y económicamente respecto a una mezcla tradicional con porcentajes significativos de 3%, ya que dan mejores resultados que una mezcla tradicional<sup>7</sup>

Según VILLAGARAY, (2017) con su tesis titulada “*Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas (remanso) 2017*”. De la Universidad Cesar Vallejo cuya investigación busco determinar si el caucho genera mayor flexibilidad y durabilidad a la mezcla asfáltica. Fue un estudio de tipo aplicada, se tomó como población los 4.5km de la carretera y como muestra 11 ensayos; los instrumentos empleados fueron fichas de recolección de datos. los resultados nos dicen también que aplicar el caucho a las mezclas asfálticas se puede mejorar y tener una mayor elasticidad. Con un 0.5% el asfalto mejora su estabilidad en 1440.4kg y una rigidez de 13.24% a diferencia de una mezcla común. Se concluyo que el asfalto modificado tiene una mayor durabilidad de aproximadamente 10 años y con un ahorro en costo de \$6913.37. Es así que la incorporación de cauchos a la mezcla asfáltica mejora sus

---

<sup>6</sup> VALVERDE, J. Influencia del tamaño de partículas de hule reciclado en las propiedades mecánicas del pavimento asfáltico modificado. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

<sup>7</sup> SILVESTRE, D. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

componentes mecánicos en un porcentaje considerable al de una mezcla convencional, de mismo modo garantiza la durabilidad y el bajo costo<sup>8</sup>

Según CERVERA, (2016) Con su tesis titulada “*influencia de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos*”. De la Universidad Privada del Norte. En la investigación realizada tuvo como objetivo utilizar partículas de caucho como un agregado en el pavimento flexible. Fue un estudio de tipo experimental, la población fue 39 briquetas; los instrumentos empleados fueron las fichas de datos. Para el análisis se realizaron trituración y pre granulación de cauchos en cantidades del 0.5% y 1% respecto a la cantidad de los agregados, luego se procedieron al desarrollo en laboratorio. Se concluyó que el uso de partículas de caucho en el pavimento ayuda incrementar y mejorar la interrelación del flujo con la estabilidad y relación al costo que resulto beneficiosa. El aporte de la investigación es la dosificación del caucho reciclado óptimo con 0.5% y 1% respecto al agregado, lo cual equivale entre 5% a 10% respecto al cemento asfáltico<sup>9</sup>

Según AIMACAÑA, (2017). En su investigación titulada “Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímero y pavimento flexible tradicionales” de la universidad técnica de Ambato. Tuvo como objetivo mejorar la calidad de asfalto y a la reducción de contaminación usando materiales polímeros reciclados (polietileno). Fue un estudio de tipo aplicada con una muestra de 60 briquetas modificadas con 1%, 2% y 3% de polímeros trituradas. Los instrumentos usados fueron las fichas de observación. Los principales resultados que la estabilidad de la mezcla tradicional fue de 5500 con un contenido de 6.5% de asfalto y la modificada con 1% de polímero obtuvo un 4600, además el costo del convencional de 1m<sup>3</sup> de asfalto fue 103.20 y 103.90 del modificado<sup>10</sup>

Según RAMÍREZ y otros, (2014). En su investigación titulada “*incorporación del tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto*” de la pontifica

---

<sup>8</sup> VILLAGARAY, E. Aplicación del caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017

<sup>9</sup> CERVERA, C. Influencia de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de los neumáticos. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2017.

<sup>10</sup> AIMACAÑA, J. Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.

universidad Javeriana de Cali, tuvo como objetivo encontrar un porcentaje óptimo de uso del PET incorporando a las mezclas asfálticas como un agente modificador. Fue un estudio de tipo aplicada y una muestra de 60 briquetas; los instrumentos que se usaron fueron fichas de observación, datos obtenidos del ensayo Marshall. Los principales resultados obtenidos incorporando el PET en tres porcentajes distintos de 3%, 5% y 7% fueron, que se optó por cambiar a usar el PET como parcial de arena debido a que no se pudo obtener una mezcla homogénea, planteando como nuevos porcentajes de 5%, 8% y 11%, se procedió evaluar las briquetas en la maquina Marshall teniendo como resultado una mejora en la estabilidad a un 79% con 5% de PET, sin embargo la deformación aumento con 8% de PET en un 140% respecto a la mezcla sin modificar. Teniendo como aporte el porcentaje óptimo de 5% y que la mezcla debe ser homogénea<sup>11</sup>

Según GUAMANQUISPE, (2017). En su investigación titulada “*Análisis de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con adicción de caucho de llanta reciclado*” de la universidad técnica de Ambato, tuvo como objetivo determinar la variación del asfalto modificado con varias dosificaciones de fibras de caucho reciclado respecto al asfalto convencional. Siendo una investigación aplicada, con un tamaño de muestra de 60 briquetas; los instrumentos usados fueron las fichas de observación. Para determinar las propiedades de la mezcla se evaluaron las briquetas con 3 dosificaciones de 1%, 1.5% y 2% de caucho reciclado, respecto a la masa total del cemento asfáltico. Los resultados obtenidos fueron que al adicionar 1% de caucho más 4% de cemento asfáltico se obtuvo una estabilidad de 1924.27lb, mientras que la estabilidad de la mezcla convencional se obtuvo 1358.68lb con 5% de cemento asfáltico. Lo cual indica una mejora hasta en un 30% al incorporarle 1% de caucho <sup>12</sup>

Según HUERTAS y CAZAR (2014). En el artículo titulada “*Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante AC-20*” La investigación tuvo como objetivo darles un uso útil a los desechos plásticos adicionando a la mezcla asfáltica. Fue una investigación basada

---

<sup>11</sup> RAMIREZ, D, VIDAL, A, GRAJALES, J. Incorporación de tereftalato de polietileno como agente modificador en el asfalto. Cali: Pontifica universidad Javeriana Cali, 2014.

<sup>12</sup> GUAMANQUISPE, F. Análisis de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas con adicción de caucho de llanta reciclado. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.



a la metodología de prueba. La muestra fueron las briquetas, los instrumentos utilizados fueron las fichas técnicas de laboratorio; el procedimiento que se realizó fue de seleccionar el PET tipo 1 por la misma razón de que estos productos son más fáciles de conseguir y reciclar de forma masiva, luego se realizaron los ensayos correspondientes a los agregados y al ligante, teniendo como resultado optimo el 6.5% de asfalto, se procedió incorporarle el PET de tres formas, fibras con tamaños de 8mm a 3mm, PET triturado pasando por el tamiz 3/8 y retenida en el tamiz #4, finalmente PET triturado pasando por el tamiz #10 y retenida en el tamiz #40, teniendo como mejor resultado la incorporación de PET de forma triturada pasando por el tamiz #10 y retenida en el tamiz #40, con una mejora de estabilidad en un 33.5% y flujo en un 32%. Como aporte tenemos la incorporación de plástico pasando la malla #10 y el contenido de asfalto del 6.5%<sup>13</sup>

Según REVELO, (2014). En el artículo titulada “*Diseño de Mezclas asfálticas en caliente modificadas con elastómero (caucho) y tereftalato de polietileno reciclados con ligante asfáltico AC-20*”. El objetivo de la investigación fue analizar y comparar el comportamiento de la mezcla asfáltica incorporando caucho y PET, siendo una investigación de tipo aplicada y usando briquetas como muestras en laboratorio. inicialmente el investigador realizó el ensayo marshal para determinar el asfalto optimo, teniendo como resultado el 6.7%, luego le agrego 50 % de cada modificador obteniendo como resultados el flujo de 8 a 16 décimas pulgadas. En conclusión, indica que la mezcla modificada con el 7.5% de partículas de elastómero pasante por el tamiz #10 y retenido en tamiz #40 son las que mejor resultado obtuvieron<sup>14</sup>

Según MOSTAFA y otros, (2019). En el artículo titulada “*Performance evaluation of fatigue resistance of asphalt mixtures modified by SBR/PP polimer blends and SBS*”. In this article the main mechanical properties of the mixtures were evaluated, the fatigue resistance of polymer-modified mixtures was evaluated. It is experimental and the sample was asphalt mixes. As a result, the modified mixtures

---

<sup>13</sup> HUERTAS, G, y CAZAR, J. Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con el ligante AC-20. Universidad de las fuerzas armadas – ESPE, 2016.

<sup>14</sup> REVELO, M. Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con elastómeros (caucho) y tereftalato de polietileno reciclados con ligante asfáltico AC-20. Universidad de las fuerzas armadas – ESPE, 2014.

with 5% polymers, their fatigue resistance increases by 50% compared to a conventional mixture. De mismo modo se determinó que los polímeros de pueden usar como modificador del ligante, como un aditivo o como remplazante de los agregados. Ya que es económicamente factible y garantiza la mejora en la resistencia de las propiedades de la mezcla<sup>15</sup>

Según (JOAQUIM DE ALMEIDA Adosindro y otros, 2017). En el artículo titulada *“Evaluation of the influence of water and temperature on the rheological behavior and resistance to fatigue of asphalt mixtures”*. Its objective was to determine the progressive deterioration of the pavement structures due to water and temperature. The evaluation was carried out through bending tests, where the samples were subjected to wetting-drying cycles at 60° and then they were tested with immersion in water at different temperatures. Los resultados obtenidos afirman que se debe tener en cuenta la acción del agua y la temperatura en el dimensionamiento del espesor de las capas del asfalto ya que la degradación alcanza un 6% cuando la mezcla se lleva a prueba de inmersión en agua, cuando se acondiciono la mezcla alcanzo un 10% y cuando la mezcla se ensayó con la inmersión en agua el valor alcanzo un 12%<sup>16</sup>

**El pavimento:** Es definido como una estructura formada o hecha por varias capas, estas son construidas sobre la sub-rasante que tiene como función de soportar y repartir los esfuerzos que son emitidos por la movilidad de vehículos sobre ella, también tiene la función de dar seguridad, comodidad y fluidez al tránsito <sup>17</sup>

Los pavimentos cumplen varias funciones importantes, que son: soportar las solicitaciones del tráfico, soportar el clima, ser segura, ser comfortable y eficiente. Es por eso que se deben diseñar de forma adecuada y de esta manera su servicio se prolongue a más años de durabilidad. Los pavimentos deben ser principalmente elásticos, estables, resistentes a la fatiga, a las deflexiones y a las tenciones

---

<sup>15</sup> MOSTAFA, V, MAHMOUD, Amerl y CHAVOSHLAN Cevd. Performance evaluation of fatigue resistance of asphalt mixtures modified by SBR/PP polimer blends and SBS. Sciencedirect, 2019.

<sup>16</sup> JOAQUIM DE ALMEIDA, A, GLICERIO TRICHES, L y SHINOHAKA, K. Evaluation of the influence of water and temperature on the rheological behavior and resistance to fatigue of asphalt mixture. Construction and Building Materials, 2018.

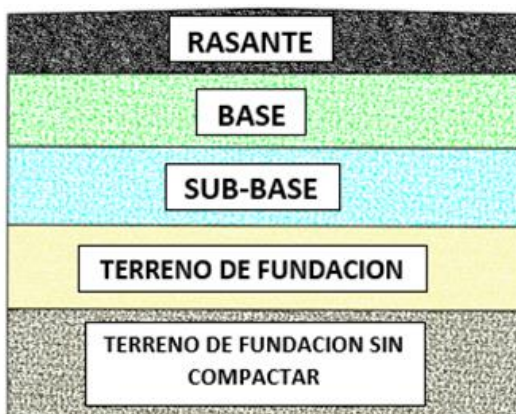
<sup>17</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Manual de carreteras y diseño geométrico DG [en línea.]. Perú: 2018.

residuales. Estas propiedades se evalúan mediante varios ensayos realizados en laboratorios<sup>18</sup>

Los pavimentos se definen como estructuras de multicapa, contruidos por varios conjuntos de capas horizontales. Estas son diseñadas con la finalidad de soportar las cargas causadas por el tránsito vehicular y también para soportar los cambios climatológicos, estas deben proporcionar un paso cómodo y ser seguro para los que se trasladen sobre su estructura. Las cargas dinámicas son vehículos y peatones<sup>19</sup>

Con las definiciones anteriores, podemos describir al pavimento como una estructura conformada por varias capas horizontales, a base de materiales granulares, carpetas asfálticas y en otros casos carpetas de concreto armado, cuyos materiales deben garantizar la duración de la estructura. De mismo modo esta estructura debe ser resistente a varios factores para garantizar el cómodo tránsito de vehículos y peatones quienes se transitan a través de su superficie; En la siguiente figura N° 1 muestra la estructura típica de un pavimento flexible, conformada por bases granulares y carpeta asfáltica, y esta es la más usada en el Perú, debido a su bajo costo y fácil aplicación en pavimentación de carreteras y vías de transporte a comparación del pavimento rígido o semi-rígidos.

*Figura 1: Estructura típica de un pavimento asfaltico*



Es así como se pretende mejorar la resistencia del pavimento a las cargas que actúan sobre ella, incorporándole modificadores a la mezcla asfáltica.

<sup>18</sup> DE SOLIMINIAC, H, ECHAVEGUREN, T y CHAMORRO A. Gestión de infraestructura vial. Chile: Ediciones uc.cl, 2018. ISBN: 978-956-14-2300-8

<sup>19</sup> RONDON, H y REYES, F. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Bogotá: Eco ediciones, 2015. ISBN 978-958-771-176-9

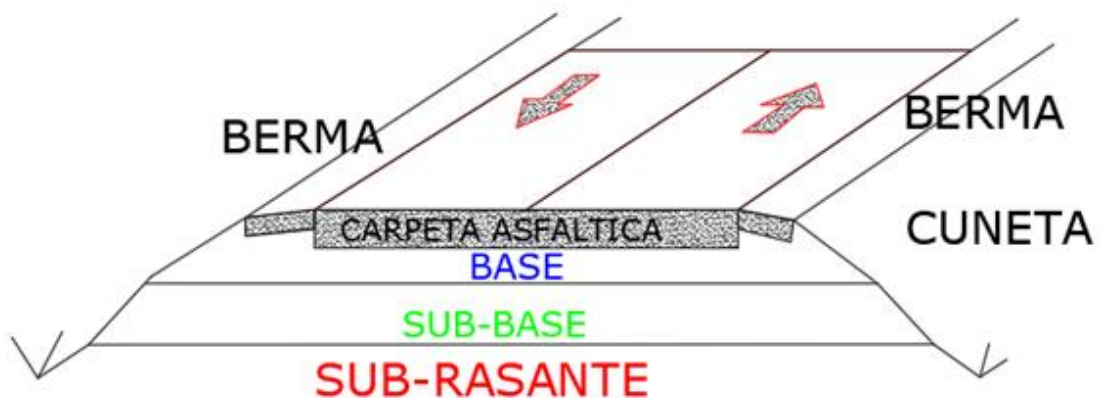
## Tipos de pavimentos:

Existen varios tipos de pavimentos en la actualidad, pero las más comunes o los más usados en nuestro país son tres: Los pavimentos rígidos, flexibles y los pavimentos compuestos. Para la presente investigación se estudió la estructura de un pavimento flexible y los materiales que lo componen.

**Pavimento rígido:** Son las que están construidos a base de losa de concreto armado y está apoyada a las capas inferiores que están hechas de materiales granulares. Tienen mayor rigidez a comparación de los pavimentos flexibles y son más costosos<sup>20</sup>

**Pavimentos flexibles:** Son estructuras de pavimento tipo flexible que está conformada por la capa o carpeta asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez como son la base, la subbase y carpeta de rodadura. Las fuerzas generadas por los vehículos se disipan a través de cada una de las capas estructurales y de tal manera los esfuerzos llegan al suelo<sup>21</sup>

Figura 2: Estructura típica de un pavimento flexible



Con la definición anterior se define al pavimento flexible como estructura multicapa, formada por la carpeta asfáltica, la base, la sub base y por último la sub rasante, cuya función es de resistir las cargas actuantes sobre ella y distribuir las fuerzas a través de sus capas sin sufrir daños estructurales.

<sup>20</sup> MONTEJO, A. Ingeniería de pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Colombia, 2006. ISBN 9789589784006

<sup>21</sup> RONDON, H y REYES, F. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Bogotá: Eco ediciones, 2015. ISBN 978-958-771-176-9

## Funciones de las capas en un pavimento flexible

El pavimento flexible está constituido por varias capas que son: la sub base, base, la carpeta asfáltica y estas deben cumplir una función individualmente que garanticen su durabilidad de la estructura <sup>22</sup>

**Sub base:** Tiene la tarea de repartir las fuerzas a la sub-rasante, soportar los esfuerzos que transmiten los vehículos mediante las capas superiores y de misma manera facilitar el drenaje. Los materiales que lo conforman son gravas gruesas y finas<sup>22</sup>

**Base:** Se encuentra debajo de la carpeta asfáltica que tiene la función de resistir y transmitir las fuerzas producidas por vehículos a la sub base. Son construidos de materiales granulares y compactadas <sup>22</sup>

Es así que la base y sub base son capas similares formadas de materiales granulares y compactadas, cuya función es de transmitirse las cargas entre ellas llegando al suelo de fundación.

**Carpeta asfáltica:** Es la capa de mayor importancia en la estructura de un pavimento, debido a que tiene la función de resistir las cargas, dar seguridad, comodidad al tránsito y evitar que el agua ingrese a las capas inferiores del pavimento. Las carpetas asfálticas son las que reciben directamente las cargas emitidas por los vehículos y su duración depende del material, del tiempo, la carga y la temperatura<sup>23</sup>

De misma manera se encarga de proporcionar un espacio de rodamiento adecuado, seguro y más económico, por otro lado, se encarga de distribuir las fuerzas o cargas a las demás capas inferiores llegando al suelo de fundación o terreno natural. La carpeta asfáltica está formada por la dureza de la mezcla asfáltica o aglomerados son agregados minerales pétreos en proporciones o cantidades exactas y estas determinan sus propiedades. Cuya mezcla se utiliza

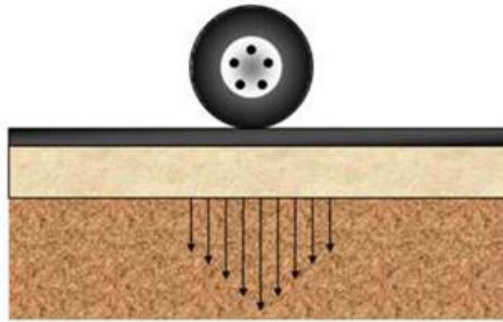
---

<sup>22</sup> MONTEJO, A. Ingeniería de pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Colombia, 2006. ISBN 9789589784006

<sup>23</sup> MONTEJO, A. Ingeniería de pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías. Colombia, 2006. ISBN 9789589784006

para la construcción de pavimentos flexibles. Una mezcla asfáltica debe ser elástica, duradera, resistir las cargas, el clima, bloquear el ingreso de agua a las demás capas inferiores y debe ser de bajo costo, en la siguiente figura se puede observar cómo se reparten o distribuyen los esfuerzos que actúan en un pavimento flexible, pasando por todas las capas y llegando las fuerzas al suelo.

*Figura 3: Fuerzas actuantes en un pavimento flexible*



*Fuente: Imágenes Google*

### **Clasificación de mezclas asfálticas**

Existen variedades de clasificaciones de mezclas asfálticas establecidas por el ASTM, pero para esta investigación solo se estudiará las mezclas asfálticas por la temperatura de puesta en obra: En caliente<sup>24</sup>

**Mezclas asfálticas en caliente:** Consiste en fabricar asfaltos con temperaturas elevadas aproximadamente entre los 150°C, según la viscosidad del ligante. La combinación de agregados con el ligante determina las propiedades de la mezcla.

**Mezclas asfálticas en frío:** Se fabrica a temperatura del ambiente de la obra, las mezclas en frío son emulsionadas en agua antes de mezclarlo con el agregado, se usa en mantenimiento de carreteras secundarias, para retrasar que las mezcla envejezcan rápidamente.

En resumen: Para esta investigación se realizará mezclas asfálticas en caliente, ya que se trabajará con materiales a una temperatura alta entre los 140°C, con el propósito de realizar una buena combinación entre los agregados gruesos, finos, los modificadores y el cemento asfáltico.

---

<sup>24</sup> ARIAS, Geoge. Mezclas asfálticas, 2013.

## Propiedades de la mezcla asfáltica

Las mezclas asfálticas deben cumplir las siguientes propiedades, para que de esta manera pueda garantizar la duración de los pavimentos y soportar las cargas repetidas por el tránsito de vehículos. **Durabilidad:** Resistentes al lavado por el agua, a la fisura térmica y resistencia al envejecimiento. **Trabajabilidad:** Resistencia a la segregación de los agregados finos y gruesos. **Estabilidad:** Capacidad para soportar sin deformar las cargas actuantes. **Flexibilidad:** Capacidad para adaptarse a los movimientos sin agrietarse. **Resistencia a la fatiga:** Capacidad para resistir los esfuerzos repetidos. **Resistencia al deslizamiento:** Capacidad para ofrecer resistencia al patinaje de llantas<sup>25</sup>

## Requerimientos de los materiales para mezclas asfálticas

Los materiales que serán usadas para mezclas asfálticas son: agregado grueso, agregado fino, cemento asfáltico, granos de plástico y los granos de caucho deben acondicionarse con los requerimientos que establece el ASTM y el manual del MTC<sup>26</sup>.

Los materiales que conforman una mezcla asfáltica son los componentes más importantes debido a que de ellos dependen las respuestas mecánicas y físicas de la mezcla y carpeta asfáltica. Es por eso que cada uno de los materiales debe cumplir con cada uno de los ensayos indicados.

En las siguientes tablas se podrá observar los ensayos que deben cumplir cada agregado que se van a usar en las mezclas asfálticas.

### Agregados minerales gruesos

Son los materiales que resultan de la desintegración de las rocas y es aquellos materiales que quedan retenidos en el tamiz N.º 4.

---

<sup>25</sup> ZUÑIGA, R. Mezclas asfálticas en caliente. Lima: Laboratorio nacional de vialidad, 2015.

<sup>26</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de ensayos de materiales. Perú, 2016.

Tabla 1: Requerimiento para agregados gruesos

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% min.	35% min.
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.
<p>*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla</p> <p>.La adherencia del agregado grueso en zonas mayores a 3000 m.s.n.m serán evaluadas mediante la performance de la mezcla</p> <p>.La notación "85/50" nos indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas</p>			

Fuente: Manual MTC 2013, Pág. 560

Como se puede observar el cuadro de requerimiento de los agregados gruesos depende del lugar o altitud de trabajo, teniendo como limitaciones para alturas menores de 3000 m.s.n.m y mayores de 3000 m.s.n.m.

Es importante que los agregados gruesos pasen dichas especificaciones de los ensayos mostradas en la tabla anterior según el manual del MTC ya que de ello dependerá el comportamiento de la mezcla asfáltica.

### Agregados minerales finos

Se consideran agregados finos a los que usualmente resultan de la arena o de la desintegración de las rocas que pasan por el tamiz 3/8" y quedan retenidos en la malla N° 200.



Tabla 2: Requisitos para los agregados finos

Ensayos	Normas	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 min.	35 min.
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.
<p>**Excepcionalmente se aceptaran porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla                      . La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02</p>			

Fuente: Manual MTC 2013, Pág. 560

De misma manera que los agregados gruesos, el agregado fino también debe ser evaluadas para las condiciones o limitaciones que se muestran en la tabla anterior, también depende de la zona de trabajo para alturas menores de 3000 m.s.n.m y mayores de 3000 m.s.n.m.

Los agregados finos deben pasar por dichos ensayos y cumplir con los requisitos mostradas en la tabla anterior, que son los requerimientos dados según el manual ensayo de materiales del MTC 2016.

### Gradación

Gradación de mezclas asfálticas fabricadas en caliente (MAC). Consiste en elegir un (MAC), respecto a la granulometría de los agregados gruesos y finos para ser usadas en la mezcla asfáltica.

Tabla 3: Gradación para mezclas

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 (Nº 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (Nº 10)	29-45	38-52	43-61
425 mm (Nº 40)	14-25	17-28	16-29
180 um (Nº 80)	8 17	8 17	09 2019
75 um (Nº 200)	4 8	4 8	5 10

Fuente: Manual MTC 2013, Pág. 561

### Cemento asfáltico

Que define como un material bituminoso que se obtiene de la dilatación del petróleo y se endurece al enfriarse, es un material impermeable, adherente y cohesivo. Además, es el que se encarga de la unión de agregados de esta manera formar una carpeta asfáltica para el soporte de los vehículos<sup>27</sup>

Figura 4: Cemento asfáltico



Fuente: Propia

<sup>27</sup> RONDON, H y REYES, F. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Bogotá: Eco ediciones, 2015. ISBN 978-958-771-176-9

Para las mezclas asfálticas realizadas en caliente estos serán clasificados por viscosidad absoluta y por penetración según las características del clima. Cuya especificación técnica se encuentra en el anexo N° 6.

Tabla 4: Selección para el tipo de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o mas	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: Manual del MTC 2013, pág. 471

En la presente investigación se usará un cemento asfáltico de PEN 60-70 por el clima que varía entre los 14 y 28 °C y el lugar de aplicación se encuentra en el distrito de Carabayllo de 230 a 500 msnm. Las especificaciones especiales que deben cumplir las mezclas asfálticas para realizar los ensayos de laboratorio son los siguientes, según el ASTM y el manual del MTC.

### Ensayo de penetración (E-304)

Es el primer ensayo que debe pasar las mezclas asfálticas para su mezclado con los demás agregado. Consiste en determinar la profundidad de penetración introduciendo una aguja por 5 segundos, entre más suave entre la Abuja tendrá menor valor el asfalto y si es difícil de entrar la Abuja el asfalto tendrá mayor valor de penetración<sup>28</sup>.

Para realizar el ensayo de penetración en el cemento asfáltico se deberá contar con una aguja de acero e inoxidable, de misma manera se deberá separar el espécimen de prueba que este caliente y echar en un recipiente, cuya muestra tendrá un peso de aproximado de unos 400 o 500 gr.

<sup>28</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de ensayos de materiales. Perú, 2016. Pág. 414 - 431

Tabla 5: Especificación técnica del cemento asfáltico por penetración

Tipo		Grado penetración	
Grado	Ensayo	PEN 60-70	
		min	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>			
Penetración a 25°C, 100g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	60	70
Punto de inflamación, °c	MTC E 312	232	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100	
Solubilidad en Tricloro.etileno, %	MTC E 302	99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica)	MTC E 304	-1	1
<b>Ensayo de la Mancha (Oliensies)</b>			
Solvente Nafta - Estándar	AASHTO M 20	Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno		Negativo	
<b>Pruebas sobre la película Delgada a 168°C, 3,2 mm, 5h</b>			
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	52+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	50	

Fuente: Manual del MTC 2013, pág.

## El grano de caucho

En los últimos años diversos sectores industriales están priorizando la reutilización y el reciclado de caucho con fines de aplicar estos materiales en un nuevo uso ya que estos materiales son extremadamente duradera, fuertes, flexibles y pueden mantener su volumen bajo carga. En las últimas décadas las investigaciones sobre el uso de caucho, buscan disminuir el uso del cemento asfáltico en pavimentaciones, debido a su mayor costo<sup>29</sup>

La combinación del caucho en las mezclas asfálticas no es reciente, muchos de los países como Estados Unidos, Canadá, España y Brasil están incorporando este tipo de mezclas en los pavimentos desde hace muchos años atrás, de esta manera usar el caucho para mejorar las condiciones de durabilidad y resistencia de

<sup>29</sup> FLORES, N. Composite with recycled rubber aggregates: properties and opportunities in construction. Construction and building, 2018.

mezclas asfálticas<sup>30</sup>. A pesar de que las industrias le dan nuevo uso al caucho, la mayor parte de estos materiales aún son quemados o simplemente arrojados en las vías públicas. Esto genera que se produzca mayor contaminación al medio ambiente y desperdicio a uno de los materiales más resistentes como es el caucho.

*Figura 5: Grano de caucho*



*Fuente: Propia*

### **Propiedades del grano de caucho**

Tienen factores importantes como son: Plasticidad, Durabilidad, Resistencia a la fatiga, Resistencia a la temperatura

### **Clases de grano de caucho**

**Triturado:** son trozos de caucho reciclado, que son provenientes del pre trituración de las llantas. **Polvorizado:** Son partículas de caucho reciclado y tienen una buena, resistencia, durabilidad, amortiguación y permeabilidad. **Líquido:** son cauchos naturales que se obtienen naturalmente y estas provienen del látex que producen algunos vegetales, mayormente estos árboles se encuentran en la amazonia.

### **Requerimiento para granos triturados de caucho**

El grano de caucho triturado también debe cumplir ciertas especificaciones al igual que los demás agregados que componen la mezcla asfáltica y los requerimientos se indican en la tabla N.º 6 para ser combinado con el asfalto<sup>31</sup>

<sup>30</sup> OLIVARES, D. Planta de reciclaje de neumáticos de caucho comercialización de miga de caucho. Antofagasta: Universidad de Chile, 2016.

<sup>31</sup> VEGA, D. Análisis del comportamiento a compresión del asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. Ambato: Universidad técnica de Ambato, 2016.

Tabla 6: Requerimientos de la granulometría del caucho

Granulometria de caucho triturado		
Tamices		Porcentaje que pasa %
mm	ASTM	
2	Nº 10	100
0.85	Nº 20	60 - 100
0.63	Nº 30	50 - 90
0.3	Nº 50	0 - 45
0.08	Nº 200	0 - 5

Fuente: Vega Danilo 2016 pág. 23

## El grano de plástico

Los plásticos son polímeros (Tereftalato de polietileno) PET, que resultan de la unión de monómeros. La formación o la modificación de plásticos se dan sometiendo a presión y alta temperatura a los elementos. El origen de los plásticos fue en gran Bretaña en el año 1885, donde aparece un plástico cuyo nombre fue fibra vulcanizada<sup>32</sup>. Para esta investigación se usará los plásticos codificados con PET 1 o PETE 1, llamados polietileno de tereftalato, que conforman el grupo de los termoplásticos.

Figura 6: Grano de plástico



## Propiedades del grano de plástico

Plasticidad, Resistencia a la corrosión, El coeficiente de deslizamiento es muy bueno, Buena resistencia térmica, Soporte a altas temperaturas

## Clasificación de plásticos

**Plásticos termoplásticos:** son lineales y poco ramificados unidos entre sí por varios enlaces débiles, pueden romperse fácilmente al ser sumergidos al calor.

<sup>32</sup> CAREAGA, J. Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes. México, 1993.

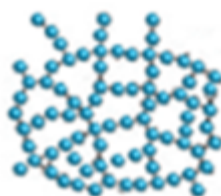
Algunos de ellos son: polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS), etc.

Figura 7: Código de plásticos termoplásticos



**Plásticos termofijos:** son formados por varias cadenas con uniones fuertes que son más resistentes a esfuerzos y tienen mayor estabilidad térmica. Algunos de ellos son: resinas fenólicas, Melamina, poliuretano etc.

Figura 8: Plásticos termofijos



**Plásticos elastómeros:** tienen pocos enlaces transversales y tienen una elevada elasticidad. Algunos de ellos son: neoprenos, siliconas, cauchos (naturales y sintéticos).

### Requerimiento de los granos de plástico (PET)

Es importante señalar que los granos de plástico reciclado de botellas PET se usarán las que pasan por los tamices N.º 10 al N.º 200, para que de esta manera se puedan combinar con la mezcla asfáltica.

Tabla 7: Requerimiento para granos de plástico

Granulometría de plástico triturado		
Tamices		Porcentaje que pasa %
mm	ASTM	
2	Nº 10	100
0.85	Nº 20	60 - 100
0.63	Nº 30	50 - 90
0.3	Nº 50	0 - 45
0.08	Nº 200	0 - 5

Fuente: Elaboración propia



Para la combinación de plásticos en la mezcla esta debe cumplir los requisitos en la granulometría, tamaño máximo de este material debe ser 2mm o retenidos en el tamiz N.º 10 como indica la tabla anterior N.º 8.

### Mezclas de agregados

Al realizar las mezclas, se evalúan mediante el ensayo Marshall las distintas briquetas y con diferentes dosificaciones con la incorporación del grano de caucho y plástico reciclado. Una vez realizada las mezclas y llevadas al ensayo Marshall, estas serán evaluadas individualmente sus diferentes propiedades mediante la maquina Marshall. Las mezclas o briquetas evaluadas deben cumplir los requerimientos que se indican en la tabla N.º 9. <sup>33</sup>

Tabla 8: Requerimiento para mezclas asfálticas

Parámetro de Diseño+B22:E35	Clases de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, numero 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 min.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (min).	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 Min.		
<p>(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que contienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.</p> <p>(2) Relación entre porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso total de la mezcla.</p> <p>(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.</p> <p>(4) El índice de compatibilidad mínimo será 5.  El índice de compatibilidad se define como: <math>\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}</math>  Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes</p>			

Fuente: Manual MTC 2013, Pág. 570

<sup>33</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de ensayos de materiales. Perú, 2016. Pág. 570



## Ensayo Marshall (MTC E 504)

Este ensayo es más común usada en el Perú y sirve para saber la proporción adecuada de una mezcla en caliente. Además, permite calcular la estabilidad y el flujo de las briquetas. Ayuda saber la cantidad suficiente de asfalto para cubrir los agregados<sup>34</sup>. Los agregados deben tener el tamaño máximo de 25 mm. Este método puede ser usado tanto en laboratorios o en el control de obra

*Figura 9: Ensayo Marshall*



*Fuente: Propia*

El diseño de la mezcla asfáltica se basa en elegir una granulometría y una cantidad de asfalto con el fin de que esta cumpla sus propiedades para el cual fue diseñada. Este diseño nos permite saber el porcentaje existente del contenido de asfalto de la mezcla para ello se debe realizar los siguientes ensayos

### **Producción del asfalto**

El asfalto proviene de la disipación del petróleo y estas son calentadas a altas temperaturas causando su evaporación y dividiendo los líquidos de los sólidos.

**Vía húmeda:** Asfalto modificado con caucho y plástico, está basada a unir los granos de plástico y caucho con el asfalto, para tener como resultado una mezcla

---

<sup>34</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de ensayos de materiales. Perú, 2016. Pág. 570

modificada llamado asfalto-caucho-plástico. Para poder unir el asfalto con el grano de caucho y plástico es necesario realizar la mezcla a alta temperatura entre los 140 -210 °C por varias horas. El procedimiento es reciclar las llantas y plásticos de botellas, lavar los materiales para proceder a triturarlas, luego calentar todos los materiales, mezclar los modificadores con el asfalto a temperatura mayor a los 140°C, luego se procede a mezclar el asfalto modificado con los agregados y de esta manera el concreto asfáltico sea llevado a obra.

### Ventajas y desventajas de asfaltos modificados

Los asfaltos modificados como todo material tienen sus ventajas y desventajas y estos son los siguientes.

Tabla 9: Ventajas y desventajas de asfalto modificado

<b>VENTAJAS</b>		
<b>Mecánica</b>	<b>Térmica</b>	<b>Económica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Resistencia a la deformación</li> <li>-Más flexibilidad</li> <li>-Mayor endurecimiento</li> <li>-Mayor durabilidad</li> <li>-Resistencia a la tracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aumenta la cohesión</li> <li>-Disminuye la fragilidad</li> <li>-Resistente a altas y bajas --Temperaturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Menos costo en el mercado</li> <li>-Fácil de adquirir</li> <li>-Genera ganancias</li> <li>-Mejor costo en mantenimiento</li> </ul>
<b>DESVENTAJAS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Insuficiente reciclaje de modificadores para vías de varios kilómetros</li> <li>-Dificultad al combinar los modificadores con la mezcla</li> <li>-Los modificadores deben conservarse limpios</li> <li>-El mezclado se debe realizar a temperaturas determinadas</li> </ul>		

### Fallas en los pavimentos flexibles

No dicen que existen unas series de fallas en pavimentos flexibles, estas fallas dependen de varios factores como pueden ser: mala calidad de los materiales, malos diseños, mala estabilidad y compactación en la base, y algunas de las fallas existentes en el pavimento flexible son las siguientes: Piel de cocodrilo, Mancha en pavimentos, Grietas de contracción, Elevación y/o hundimientos, Corrugaciones, Grietas de borde, entre otros<sup>35</sup>

<sup>35</sup> CORROS, M, URBAEZ, E, CORREDOR, G. Diseño de pavimentos y evaluación de pavimentos. Venezuela: INVEAS, 2019.

## **El estudio de tránsito**

El estudio del tránsito consiste en el conteo y clasificación de vehículos que se transportan por minutos, horas y días en dicho tramo o carretera, con el fin de determinar el volumen de vehículos que transitan en una determinada vía. De esta manera se podrá realizar estudios correctos para el diseño de la carretera y determinar el número de carriles que tendrá la vía a construir, con proyecciones a futuro y cubrir la demanda vehicular para dicho tramo o carretera<sup>36</sup>

De misma manera se realizará un conteo y clasificación de vehículos que transitan por la avenida trapiche-chillón, en su tramo Av. U y Av. Camino real en el distrito de Carabayllo, para que así se pueda estimar los parámetros de diseño en las mezclas asfálticas respecto a la cantidad de vehículos que transitan por dicha avenida.

## **El clima**

Nuestro país está constituido por tres regiones naturales: la costa con un clima mediatizado y pocas gotas de lluvias, la sierra con temperaturas bajas y máximas con lluvias fuertes y moderadas y la selva con una temperatura alta y lluvias fuertes<sup>37</sup>. La investigación que se está realizando se encuentra ubicada en el departamento de lima provincia del mismo nombre y el distrito de Carabayllo. Esta zona se encuentra en la región costa del Perú que cuenta con un clima mediatizado y sin lluvias. De este factor depende el diseño del pavimento y el comportamiento respectivo a causas de los efectos climatológicos.

## **Estudio Económico**

Es el estudio que determina el costo total de un proyecto, es así que se pretende evaluar el costo total del asfaltado de la avenida Trapiche-Chillón con la incorporación de granos de caucho, plástico y las mezclas convencionales, para determinar cuál de las mezclas resulta ser más económica y de mismo modo manteniendo o mejorando sus propiedades mecánicas.

---

<sup>36</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMETRICO. Perú, 2018. Pág. 12

<sup>37</sup> MONTENEGRO, S. Geografía del Perú. Lima: Universidad Alas Peruanas, 2014. ISBN 978-612-4097-73-9

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de una investigación es el plan que el investigador debe tener para poder alcanzar describir o resolver los objetivos formuladas en la investigación, responder las interrogantes y analizar las respuestas a base de las hipótesis formuladas.

**Método científico:** La tesis será científica, lo cual se define como un conjunto organizado de conocimientos, con el propósito de conocer la verdad de los hechos. Cuyo método está basado a la observación, para que el científico proponga una supuesta explicación a esos hechos y a base de hipótesis plantean experimentos, que pueden ser afirmativos o negativos<sup>38</sup>

**Enfoque:** La investigación tendrá un enfoque cuantitativo. Nos indica que tiene la necesidad de medir las hipótesis numéricamente de los problemas planteados en la investigación y estas deben ser lo más objetiva posible, teniendo los siguientes procesos: parte de una idea, seguido se plantea el problema, se desarrolla el marco teórico, se realiza la visualización del estudio para elaboración de hipótesis y variables, selección de muestras, recolección de datos, análisis de los datos encontrados y finalmente la elaboración de las conclusiones y los resultados de las hipótesis planteadas<sup>39</sup>

En resumen: La investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que los indicadores e hipótesis se miden y responden en números usando la recolección de datos obtenidos del laboratorio y mediante el análisis de datos de distintos documentos.

---

<sup>38</sup> VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2007. Pág. 23 ISBN 978-9972-38-041-9

<sup>39</sup> HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación. México: McGRAW-WILL/INTERAMERICANA, 2014. Pág. 5. ISBN 978-1-4562-2396-0

**Tipo:** Será una investigación aplicada ya que busca descubrimientos y aportes técnicos, con el fin de tener un buen conocimiento. Su objetivo principal es conocer, actuar, construir y modificar una realidad concreta<sup>40</sup>

Podemos concluir que la investigación será de tipo aplicada debido a que nos basamos a normas y leyes básicas que existen

**Nivel:** El nivel explicativo va mucho más que describir conceptos. Es más estructurada y su enfoque va en la exploración de conocimientos nuevos, descripción y correlación, de esta manera se pueda comprender la investigación <sup>42</sup>. El nivel explicativo es mucho más que describir fenómenos, están dirigidos a responder, explicar las distintas causas de fenómenos<sup>41</sup>

La investigación tendrá el nivel explicativo debido a que se medirán las variables, para luego explicar los resultados que se obtendrán en las características y propiedades del tema planteado.

**Diseño:** Un diseño experimental consta de manipular intencionalmente una o más variables para tener la relación de causa-efecto y de esta forma poder analizar sus posibles resultados <sup>43</sup>

En esta investigación se define como un diseño experimental debido a que se manipularan las variables independientes para evaluar el efecto en la variable dependiente.

VI1: Causa: Incorporación del grano de caucho

VI2: Causa: Incorporación del grano de plástico reciclado

VD: Efecto: El comportamiento mecánico de la mezcla asfálticas

---

<sup>40</sup> VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2007. Pág. 31 y 33. ISBN 978-9972-38-041-9

<sup>41</sup> HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación. México: McGRAW-WILL/INTERAMERICANA, 2014. Pág. 96 y 129. ISBN 978-1-4562-2396-0

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variables:** Las variables se definen como factores que se pueden medir y manipular, a través de ellas conocer la realidad, hecho o fenómeno. Se clasifican por la relación en variables independientes, variables dependientes y de misma manera por su naturaleza de medición en variables cuantitativas y variables cualitativas<sup>42</sup>

#### **VI 1: Incorporación del grano de caucho**

La incorporación de grano de caucho, definimos como la variable independiente 1, ya que se agregará a la mezcla en distintos porcentajes para obtener los efectos en la variable dependiente.

#### **VI 2: Incorporación del grano de plástico**

De mismo modo la incorporación de grano de plástico definimos como la variable independiente 2, ya que también se agregará a la mezcla asfáltica para obtener efectos en la variable dependiente.

#### **VD: Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica**

En esta investigación se define a las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica como variable dependiente, ya que su efecto o resultado dependerá de la manipulación de las 2 variables independientes.

**Operacionalización:** Se define como el proceso de una investigación que define el detalle en que las variables serán medidas para responder las hipótesis generales y específicas planteadas, para tal fin se debe descomponer en dimensiones e indicadores a las variables<sup>43</sup>

En resumen: Con la manipulación de las variables dependientes e independientes se medirán y resolverán las hipótesis planteadas mediante el proceso de la

---

<sup>42</sup> VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2007. Pág. 140. ISBN 978-9972-38-041-9

<sup>43</sup> BORJA, M. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012.

operacionalización de variables. Cuya operacionalización se encuentran en el anexo 2.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

**Población:** Es un grupo de personas, animales u objetos del cual se desea saber en una investigación y de esta manera conocer sus datos específicos<sup>44</sup>

La población para esta investigación será las 60 briquetas analizadas en laboratorio mediante el ensayo Marshall, con distintos porcentajes de caucho reciclado.

**Muestra:** Se define como un subgrupo del universo representativa que se desea investigar y sobre el cual se recolectan datos, además están deben ser representativos, adecuados y validos de la población <sup>46</sup>. La muestra es un subconjunto que representa a la población, debido a que representa fielmente a la población. A este grupo o número de muestras se le realiza distintos procedimientos para determinar la representación de la población<sup>45</sup>

Para la investigación se considerará como muestra las 60 briquetas de la población, ya que todas serán evaluadas en laboratorio de la MTC mediante el ensayo Marshall.

#### **A. Propiedades de la mezcla asfáltica**

Se realizaron 60 muestras de briquetas, para mezclas convencionales 15 y 45 para mezclas modificadas con 3%, 6% y 9%. Se usará el método Marshall. El ensayo y la evaluación resistencia a la deformación se realizará a las distintas briquetas en el laboratorio del MTC

---

<sup>44</sup> HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación. México: McGRAW-WILL/INTERAMERICANA, 2014. Pág. 173-174. ISBN 978-1-4562-2396-0

<sup>45</sup> VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2002. Pág. 188. ISBN 978-9612-302-878-7

**Muestreo:** La investigación será de muestreo no probabilístico, ya que el investigador selecciona la muestra según el criterio, a razones de comodidad, al realizar este muestreo supone que es de demasiado costo o toma mucho tiempo<sup>46</sup>

Para la obtención de muestra en esta investigación se obtuvieron mediante el muestreo de tipo no probabilístico, con el fin de saber la resistencia mecánica de la mezcla asfáltica con un contenido óptimo del asfalto y la incorporación de grano de caucho y plástico reciclado.

**Unidad de Análisis:** Es la parte principal de una investigación, ya que define del “que o quien” se está estudiando, para que así se pueda sacar conclusiones sobre la población en base a la unidad de análisis.

Para la investigación titulada “Incorporación del grano de caucho y grano de plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019”.

Resumen: Para esta investigación se tomarán como la unidad de análisis a las mezclas asfálticas.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Existen variedades de técnicas para recolectar datos de las investigaciones, pero las que se usarán en esta investigación serán las siguientes:

**La técnica de la observación:** Es importante en el proceso de la investigación, ya que el investigador se apoya mediante la observación para obtener la mayor posibles números de datos, la observación nos permite recolectar datos en instantes que han sucedido los hechos<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2007. Pág. 193. ISBN 978-9972-38-041-9

<sup>47</sup> VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2007. Pág. 146. ISBN 978-9972-38-041-9



**La técnica de revisión de documentos:** esta técnica consiste en la revisión de distintas fuentes de información como son: Los artículos científicos, Libros, Tesis, Revistas, Manuales y Normas. Todos estos documentos deben ser referentes al tema de investigación incorporación del grano de caucho y plástico reciclado a la mezcla asfáltica.

En resumen: para esta investigación se usó la técnica de observación y revisión o análisis de datos de documentos con el propósito de recolectar datos. Los resultados de los ensayos se observarán y posteriormente serán anotados en la ficha recolectora de datos. Los ensayos se elaborarán en el laboratorio del MTC.

**Instrumentos:** Los instrumentos se definen como materiales que se emplea para la recolección y guardar los datos y estas se clasifican en entrevistas, encuestas y de observación<sup>48</sup>

En esta investigación los instrumentos a utilizarse serán las fichas de observación, de esta manera se podrán almacenar los resultados de los ensayos en las fichas para su posterior calculo.

**Validez:** Se refiere al valor en que el instrumento seleccionado para la investigación mide realmente la variable que se busca evaluar. La escala que se utiliza para medir la validez es de un rango 0 a 1<sup>49</sup>

*Tabla 10: Rango de validez*

Validez Nula	0.53 a menos
Validez Baja	0.54 a 0.59
Valida	0.60 a 0.65
Muy Valida	0.66 a 0.71
Excelente Validez	0.72 a 0.99
Validez Perfecta	1

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>48</sup> HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación. México: McGRAW-WILL/INTERAMERICANA, 2014. Pág. 201. ISBN 978-1-4562-2396-0

<sup>49</sup> HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación. México: McGRAW-WILL/INTERAMERICANA, 2014. Pág. 200-201. ISBN 978-1-4562-2396-0

Para la validez de esta investigación se validarán por el ingeniero civil encargado del laboratorio del MTC, ya que él será el encargado de validar los certificados de los ensayos realizados.

**Confiabilidad:** Se define como el Grado de los resultados según los instrumentos y estas deben ser coherentes al realizar la aplicación repetida al mismo objeto debe producir el mismo resultado. Si los resultados fueran distintos no sería coherentes y por lo tanto no se puede confiar en ellos. La escala que se utiliza para medir la confiabilidad es de un rango 0 a 1 <sup>51</sup>

### 3.5. Procedimientos

**Recolección de información:** La recolección de datos de los ensayos de calidad de materiales se apuntará en cada formato, de mismo modo los ensayos en la maquina Marshall serán apuntadas en sus respectivos formatos, cuyos formatos se encuentran en el anexo N.º para la otra variable se recolectaron datos mediante la revisión de otra investigación.

**Manipulación o control de variables:** Se manipula las variables independientes “Grano de caucho reciclado” fraccionando en 3 diferentes porcentajes de 3%, 6% y 9% respecto a la masa del cemento asfáltico.

**Coordinaciones institucionales:** Se presentó una solicitud a la escuela de ingeniería civil para que nos facilite la carta de presentación al gerente de laboratorio de estudios especiales de la MTC, de mismo modo solicitando el uso de sus instalaciones, cuyo documento fue derivado y posteriormente aceptado para usar sus instalaciones.

### 3.6. Método de análisis de datos

EL método empleado para esta investigación será el análisis documentario, ya que se usarán los resultados de otras tesis, expedientes técnicos. Los datos extraídos de estos documentos serán tabulados con los datos propuestos en esta investigación con el propósito de obtener resultados confiables.

### 3.7. Aspectos éticos

**Ética en la recolección de datos:** El investigador se compromete a que toda información recopilada en laboratorio sean datos válidos y fiel reflejo de la realidad sin ninguna alteración de ellas. De mismo modo las muestras se realizarán sin perjudicar el medio ambiente.

Este trabajo tendrá como fuentes de información artículos científicos, tesis, libros, revistas, etc. Todos estos documentos relacionados al tema de investigación y estas serán citados de acuerdo a normas.

**Ética en la evaluación de datos:** La información que se recopilara en el laboratorio y revisión de documentos será evaluada de forma clara y ordenada, de mismo modo se contara con la certificación de calibración de cada equipo que se usaran en el laboratorio y la certificación de datos obtenidos de otras investigaciones, para que de esta manera se pueda obtener resultados reales y confiables.

**Ética en los resultados:** Una vez realizado la recolección de datos, se llevará al proceso de cálculos de cada resultado y esto se validará por el ingeniero responsable del laboratorio. Cada resultado será el reflejo de la realidad encontrado en el laboratorio.

En conclusión: El aspecto ético es importante en la investigación, debido a que de ello depende la originalidad del trabajo y se basa a resultados veraces con responsabilidad del autor, la siguiente investigación cumplió los aspectos éticos siguientes:

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Generalidades**

#### **4.1.1. Descripción y ubicación de colaboradores**

##### **Laboratorio:**

“Estudios especiales del ministerio de transportes y comunicaciones”. Está ubicado en el distrito del Rímac, provincia de Lima, pertenece al estado peruano donde realizan distintos ensayos de suelos, mezclas asfálticas entre otros, de mismo modo se encargan de realizar ensayos de los proyectos que ejecutan el estado peruano en distintos partes del Perú. Para esta investigación se usó el laboratorio para realizar los ensayos de calidad de materiales y el ensayo Marshall.

##### **Agregados:**

Los agregados de piedra chancada y arena chancada se obtuvieron de la cantera SEOING EIRL ubicado en Cal. Parcela la Capitana- Sara Lote. 8 C.C. Jicamarca (Urbanización la Florida - Cajamarquilla).

##### **Cemento asfáltico:**

Se obtuvo muestras en latas del asfalto sólido tipo PEN 60/70 cuya ficha técnica se encuentra en el anexo N° 6.

##### **Grano de caucho:**

Se reciclaron llantas de vehículos en el domicilio del investigador, para luego ser llevadas para ser trituradas, cuya empresa trituradora se encuentra en el distrito de independencia - Lima.

##### **Grano de Plástico:**

Las botellas tipo PET fueron recicladas en domicilio del investigador, para luego ser trasladadas para su respectiva trituración.

#### **4.1.2. Descripción y ubicación del lugar de investigación:**

Cuya investigación es para la avenida Trapiche-Chillón en su tramo avenida U y avenida camino real, que está ubicada en la urbanización Santo Domingo, en el distrito de Carabaylo. La vía de aproximado 500 metros cuenta con 2 carriles a

cada lado de 7.2 metros de ancho, actualmente se encuentra deteriorada, lo cual afecta a los conductores que transitan por dicha avenida.

*Figura 10: Área de estudio*



*Fuente: Google Maps*

## **4.2. Trabajos previos**

### **4.2.1. Agregados gruesos y finos**

Se llevaron a cabo los ensayos de calidad que establece las especificaciones del MTC-2013 para los agregados gruesos y finos, cuyos ensayos fueron citados en las tablas de la investigación, a continuación, se presenta en fotografías algunos de los ensayos realizados y poniendo los resultados en el anexo N° 6.

*Figura 11: cantera SEOING EIRL*





Figura 12: Tamizado del agregado grueso y agregado fino



Figura 13: Cuarteo de agregado



Figura 14: Extracción de muestras para diferentes ensayos



### Peso específico con absorción (grueso)

Sirve para determinar el valor de la variación del peso seco, peso saturado y peso específico aparente del agregado y la absorción después de 24 horas.

Figura 15: Peso específico con absorción (agregado grueso)



Tabla 11: Resultado del Peso específico con absorción (agregado grueso)

<b>ENSAYO DE PESO ESPECIFICO (GRUESO)</b>	
P. MAT. SATURADO Y SUPERF. SECO (EN AIRE) <b>A</b>	4649.6
P. MAT. SATURADO Y SUPERF. SECO (SUMERGIDO) <b>B</b>	2918.6
VOL. DE LA MASA + VOL. DE VACÍOS <b>C=(A-B)</b>	1731
P. DE MAT. SECO <b>D</b>	4605.2
VOL. DE LA MASA <b>E=C-(A-D)</b>	1686.6
P.E. BULK (BASE SECA) <b>D/C</b>	2.660
P.E. BULK (BASE SATURADA) <b>A/C</b>	2.686
P. APARENTE (BASE SECA) <b>D/E</b>	2.730
ABSORCIÓN (%)	0.96

Fuente: Elaboración propia

### Peso específico con absorción (fino)

Se determina el valor de la variación del peso seco, peso saturado con agua destilada y peso específico aparente del agregado fino y la absorción con el uso del horno, fiólas y el cono de Abraham.

Figura 16: Peso específico con absorción (agregado fino)



Tabla 12: Peso específico con absorción (agregado fino)

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO (FINO)	
P. FIOLA (CON AGUA) <b>A</b>	672.0
P. FIOLA ( CON AGUA) + PESO MATERIAL <b>B</b>	972.0
P. FIOLA + AGUA + MATERIAL S.S.S (EXTRAIDO EL AIRE) <b>C</b>	858.0
VOL. DE LA MASA + VOL. DE VACÍOS <b>D=(B-C)</b>	114.0
P. DE MAT. SECO <b>E</b>	296.2
VOL. DE LA MASA <b>F=D-(PESO MATERIAL S.S.S - E)</b>	110.2
P.E. BULK (BASE SECA) <b>E/D</b>	2.598
P.E. BULK (BASE SATURADA) <b>MAT S.S.S/D</b>	2.632
P. APARENTE (BASE SECA) <b>E/F</b>	2.688
ABSORCIÓN (%)	1.28

Fuente: Elaboración propia

### Contenido de humedad (grueso y fino)

Para determinar la humedad de los agregados consiste en pesar la muestra desde la extracción y el peso secado a una temperatura de 110° °C por 16 horas como mínimo.

Figura 17: Contenido de humedad (material grueso y fino)





Tabla 13: Resultado del contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO			
MATERIAL		FINO	GRUESO
Peso Tarro + Peso Suelo Húmedo (g)	A	1016	980.9
Peso constante del Suelo+Peso del tarro (g)	B	1012	977.6
		1012	977.6
Peso del Tarro (g)	C		
Peso del agua (g)	D=A-B	4	3.3
Peso Suelo Seco (g)	E=B-C	1012	977.6
Contenido de Humedad (%)	D/E*100	0.40	0.34

Fuente: Elaboración propia

### Equivalente de arena (fino)

Consiste en realizar un tamizado de la arena chancada pasante por la malla N° 4, para tomar 6 muestras de las cuales 3 muestras serán llevadas al horno y las otras 3 serán ensayadas, todo el material debe estar cubierta con agua destilada y dejar reposar 10 minutos, luego se lleva al agitador mecánico durante 33 segundos por 99 revoluciones, luego se procede incorporar cloruro de sodio hasta llenar casi hasta los 15”.

Finalmente se realiza la lectura de la altura de la arena y llenar los datos en los formatos correspondientes.

Figura 18: Equivalente de arena



Tabla 14: Resultados de Equivalente de arena

MUESTRA				
<b>A</b>	HORA ENTRADA A SATURACIÓN	09:53	09:55	09:57
<b>2</b>	SALIDA SATURACIÓN : (A + 10')	10:03	10:05	10:07
<b>B</b>	HORA ENTRADA A DECANTACIÓN	10:04:28	10:06:26	10:08:30
<b>4</b>	HORA SALIDA DECANTACIÓN : (B + 10')	10:24:28	10:26:26	10:28:30
<b>5</b>	ALTURA MATERIAL FINO (Pulg.)	4.4	4.4	4.5
<b>6</b>	ALTURA ARENA (Pulg.)	3.2	3.1	3.2
<b>7</b>	EQUIV. ARENA (6/5x100) (%)	73	70	71
<b>8</b>	PROMEDIO DE EQUIV. ARENA (%)	71%		

Fuente: Elaboracion propia

### Ensayo de límite plástico y límite líquido

Consiste en determinar la caracterización y comportamiento de los suelo finos según su humedad un suelo solido, semisolido, plástico y finalmente líquido.

Figura 19: Índice de plasticidad malla N.º 40 y N.º 200



Tabla 15: Resultados de límites de consistencia

Límites de Consistencia	Agregado Fino	
LÍM. LÍQUIDO (Tamiz N° 40)	-.-	-.-
LÍM. PLÁSTICO (Tamiz N° 40)	-.-	
INDICE PLÁSTICO (%)	N.P.	N.P.
LÍM. LÍQUIDO (Tamiz N° 200)	23	23
LÍM. PLÁSTICO (Tamiz N° 200)	-.-	
INDICE PLÁSTICO (%)	N.P.	N.P.

Fuente: Elaboracion propia

### Durabilidad al sulfato de magnesio (material grueso y fino)

Este ensayo consiste en determinar la resistencia de los materiales al sulfato, primero los materiales se deben lavar y secar al horno por 16 horas, luego se procederá a remojar las muestras cubiertas con sulfato de magnesio durante 12 horas del día y los otros 12 horas se pondrán los agregados al horno, estos procesos se repetirán durante 5 días. Los resultados se obtienen del lavado final con agua, el tamizado respectivo para cada material y peso correspondiente.

Figura 20: Durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados



Tabla 16: Resultado de Durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra chancada	Pérdida o desgaste del material	1.3
Arena chancada	Pérdida o desgaste del material	6.3

Fuente: Elaboración propia

### Ensayo de abrasión de los ángeles (agregado grueso)

El ensayo consiste en realizar una granulometría en la malla 1/2 y 3/8 para determinar el desgaste del material en la máquina Los Ángeles que está integrada con 11 esferas y cuya rotación tiene una velocidad de 30 rpm por 500 revoluciones durante 15 minutos. Luego se procede a retirar la muestra y pasar por el tamiz N° 12, cuyo resultado es el retenido y pasante por el tamiz N° 12.

Figura 21: Abrasión de los Ángeles



Tabla 17: Resultado de abrasión de los ángeles

RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO	
GRADUACIÓN	B
REVOLUCIONES	500
PESO DEL MATERIAL <b>A</b>	5000.8
PESO MAT/RET EN LA N° 12 <b>B</b>	4266
PESO MAT QUE PASA LA N° 12 <b>C</b>	734.6
DESGASTE (%)	15

Fuente: Elaboración propia

### Materiales chatas y alargadas (agregado grueso)

Se realiza con el objetivo de determinar si cumple o no las especificaciones del manual del MTC E 223, para su uso correspondiente en la mezcla.

Figura 22: Partículas chatas y alargadas





Tabla 18: Resultado partículas chatas y alargadas

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra chancada	Material chatas y alargadas	3.2

Fuente: Elaboración propia

### Caras fracturadas (agregado grueso)

Se verifica y observa a los materiales con una o más caras fracturadas en los tamices de 1/2" y 3/8", solo se considera cara fracturada a los materiales que no tienen una forma ovalada.

Figura 23: Caras fracturadas



Tabla 19: Resultados del ensayo de caras fracturadas

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra chancada	Materiales con una ó más caras de fractura	92.5
	Materiales con dos ó más caras de fractura	55.6

Fuente: Elaboración propia

### Terrones (Material grueso y fino)

Consiste en determinar el porcentaje de partículas residuales que están pegadas a los agregados, para obtener el porcentaje se pesa el material, luego se procede al lavado de los agregados y se vuelve a pesar.

Figura 24: Terrones



Tabla 20: Resultados de terrones

PASA	RET.	PESO ANTES DE ENSAYO	PESO DESPUES DE ENSAYO	PORCENTAJE DE PÉRDIDAS	ESCALONADA ORIGINAL	% PÉRDIDAS CORREGIDAS
2"	1 1/2"	-				
1 1/2"	3/4"	-				
3/4"	3/8"	453.9	449.4	0.99	65	0.64
3/8"	N° 4	350.5	348.6	0.54	35	0.19
<b>TOTAL</b>						<b>0.830</b>
N° 4	N° 16	100	99.9	0.1	42	0.1
<b>TOTAL</b>						<b>0.100</b>

Fuente: Elaboración propia

### Impurezas orgánicas (agregado fino)

Consiste en determinar cualitativamente el valor de las impurezas que existen en el agregado fino, para lo cual se toma una muestra y se le agrega en un frasco agua destilada, esta se sacude y se observa el color del agua determinando la suciedad existente en el agregado.

Figura 25: Impurezas orgánicas (agregado fino)



Tabla 21: Resultado de impurezas orgánicas

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (Grado 1 al 5)	INTERPRETACIÓN
Arena Chancada	Grado "1"	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

### Sales solubles en agregados (grueso y fino)

Sirve para saber la cantidad de sales existentes en cada agregado, si el agregado contiene mucha sal se procede a realizar el cambio de agregados o cantera.

Figura 26: Sales solubles totales



Tabla 22: Resultado se Sales Solubles en agregados

IDENTIFICACIÓN	Resultado (mg/kg)
Agregado Grueso; Cantera SEOING	62
Agregado Fino; Cantera SEOING	640

Fuente: Elaboración propia

### Azul de metileno (agregado fino)

Se toma material que pasa por el tamiz N° 200 y sirve para saber el contenido orgánico o arcilla del material.

Figura 27: Azul de metileno



Tabla 23: Resultado del azul de metileno

IDENTIFICACIÓN	Resultado (mg/g)
Agregado Fino; Cantera SEOING	7.0

Fuente: Elaboración propia

### Ensayo de Adherencia (agregado grueso y fino)

Para realizar este ensayo se toma muestras pasantes por el tamiz 3/8 y retenidos en 1/4, se toma lo retenido en el tamiz 1/4 una muestra de 100gr para luego realiza una mezcla con un contenido de 5.5 de asfalto, una vez fria la mezcla se procede a llenar los vasos con agua destila para ser llevadas al baño maria a 25 °C por un tiempo de 18 horas como minimo, los resultados se obtienen al observar el desprendimiento del agregado de la mezcla.

Figura 28: Adherencia (agregado grueso)





Tabla 24: Resultado de Adherencia del agregado grueso

IDENTIFICACIÓN	ADITIVO (% en peso del asfalto)	REVESTIMIENTO (%)	CUBRIMIENTO (%)
Cantera "SEOING" Agregado grueso	SIN ADITIVO	100	+95
	0.50%	100	+95

Fuente: Elaboración propia

**Riedel Weber:** Para la adherencia del agregado fino se toman muestras de 100gr retenidos en el tamiz N° 70, donde el 71% será arena y el 29% será asfalto, una vez realizada la mezcla se procede elaborar bolitas de 0.5gr para su posterior ensayo en el mechero, donde se observa hasta qué grado no se separa el agregado de la mezcla y determinar su aditivo si no pasa el grado 4.

Figura 29: Adherencia de la arena



Tabla 25: Riedel Weber

IDENTIFICACIÓN	ADITIVO	RESULTADO (GRADO)
Cantera "SEOING" Agregado fino	SIN ADITIVO	0-8
	0.50%	2-10

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Granulometría y lavado por la malla N.º 200



## Resumen de ensayos de calidad de los agregados

Tabla 26: Resultado de calidad del agregado grueso

Ensayos	Requerimiento	
	Altitud (msnm)	
	≤3.000	Resultados
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	18% máx.	1.30%
Abrasión Los Ángeles	40% máx.	15%
Adherencia	+95	+95
Partículas chatas y alargadas	10% máx.	3.20%
Caras fracturadas	85/50	92.5/55.6
Sales Solubles Totales	0,5% máx.	0,3%
Absorción *	1,0% máx.	0.96%
Terrones de arcilla	<1.2%	0.83%

Fuente: Manual del MTC 2013, Pág. 560

Tabla 27: Resultado de calidad del agregado fino

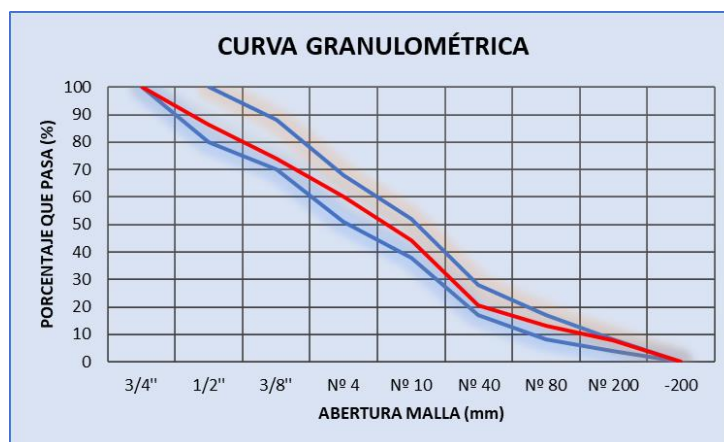
Ensayos	Requerimiento	
	Altitud (m.s.n.m)	
	≤3.000	Resultados
Equivalente de Arena	60	71%
Azul de metileno	8 máx.	6
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	-	6.30%
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	0,5% máx.	0,4%
Absorción **	0.5% máx.	1.28%
Impurezas orgánicas	Max. Grado 3	Grado 1 Aceptable
Terrones de arcilla	<1.2%	0.10%

Fuente: Manual del MTC 2013, Pág. 560

## Granulometría para mezcla asfáltica:

Con el resultado de la granulometría obtenida de los agregados y el tránsito pesado se definió usar el MAC-2, donde se estableció que la proporción del agregado grueso es de 40% y 70% para el fino, para luego añadirle el asfalto convencional y modificado.

Tabla 28: Granulometría para mezclas asfálticas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Granulometría de agregados

MALLAS SERIE AMERICANA	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN MAC - 2
1 1/2"			
1"			
3/4"		100	100
1/2"	13.6	86.4	80 - 100
3/8"	12.4	74	70 - 88
Nº 4	11.6	62.4	
Nº 10	2.4	60	51 - 68
Nº 40	4.8	55.2	
Nº 80	7.8	47.4	
Nº 200	3	44.4	38 - 52
-200	9.6	34.8	
Nº 20	4.8	30	
Nº 30	5.4	24.6	
Nº 40	4.2	20.4	17 - 28
Nº 50	3	17.4	
Nº 80	4.2	13.2	8 - 17
Nº 100	1.8	11.4	
Nº 200	3.6	7.8	4 - 8
- Nº 200	7.8	0	

Tabla 30: Determinación del MAC

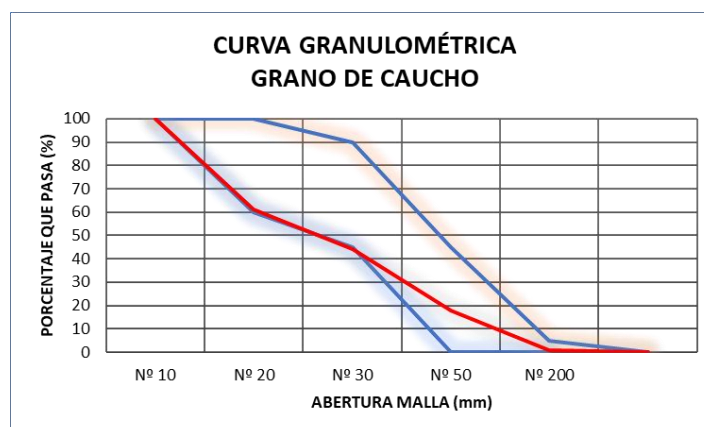
Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC -2	MAC -3
(1")			
(3/4")		100	
(1/2")		80-100	
(3/8")		70-88	
(Nº 4)		51-68	
(Nº 10)		38-52	
(Nº 40)		17-28	
(Nº 80)		8 17	
(Nº 200)		4 8	

Fuente: Manual del MTC 2013, Pág. 561

### Incorporación del grano de caucho reciclado

Se procedió a triturar el caucho reciclado para incorporarle al asfalto con dosificación de 3%, 6% y 9% con su respectiva granulometría.

Figura 31: Curva granulométrica del grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Granulometría del grano de caucho

ASTM	mm	% que pasa	RET.	PASA
Nº 10	2	100		100
Nº 20	0.85	60 - 100	39	61
Nº 30	0.63	45 - 90	17	44
Nº 50	0.3	0 - 45	26	18
Nº 200	0.08	0 5	17	1
-200			1	0

Fuente: Elaboración propia

## Dosificación del grano de caucho

Se realizó la dosificación del 3%, 6% y 9% respecto al peso total del cemento asfáltico.

Tabla 32: Dosificación de la mezcla asfáltica

CEMENTO ASFALTICO	Unidad	DOSIFICACIÓN DEL GRANO DE CAUCHO		
		3%	6%	9%
PESO DE ASFALTO PEN 60/70	gr	2000	2000	2000
PESO DEL GRANO DE CAUCHO	gr	60	120	180
PESO DEL ASFALTO MODIFICADO	gr	2060	2120	2180

Fuente: Elaboración propia

## Selección del contenido óptimo con la incorporación del grano de caucho

Después de realizar el ensayo Marshall con dosificaciones de 3%, 6% y 9% de grano de caucho, se procedió a elegir el contenido óptimo de granos de caucho en la mezcla asfáltica.

Tabla 33: Selección del contenido óptimo del grano de caucho en el asfalto

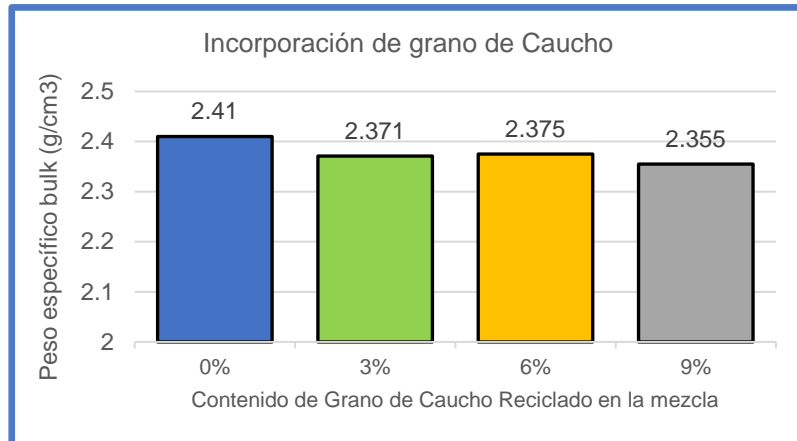
Descripción	Unidades	Contenido de granos de caucho reciclados			
		Convencional	3%	6%	9%
Contenido óptimo de asfalto (%)	%	5.5	5.6	5.9	6.2
Peso específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2.41	2.371	2.375	2.355
Vacíos (%)	%	4	4	4	4
Vacíos llenos de CA (%)	%	69.7	72.8	73.5	74.8
VMA (%)	%	13	14.5	15.1	15.8
Absorción de asfalto (%)	%	1.87	1.28	1.27	1.45
Estabilidad	kg	1466.8	1509.2	1436.4	1460.6
Flujo	mm	3.9	4.7	4.7	5.4
Relación estabilidad/flujo	kg/cm	3748	3201	3024	2719
Temperatura de mezcla	°C	140 - 145	140 - 145	140 - 145	140 - 145

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se tienen las siguientes barras comparativas de los parámetros de diseño para la mezcla convencional y para las modificadas con 3%, 6% y 9% de grano caucho reciclado.

## Peso específico bulk (g/cm<sup>3</sup>)

Figura 32: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho.

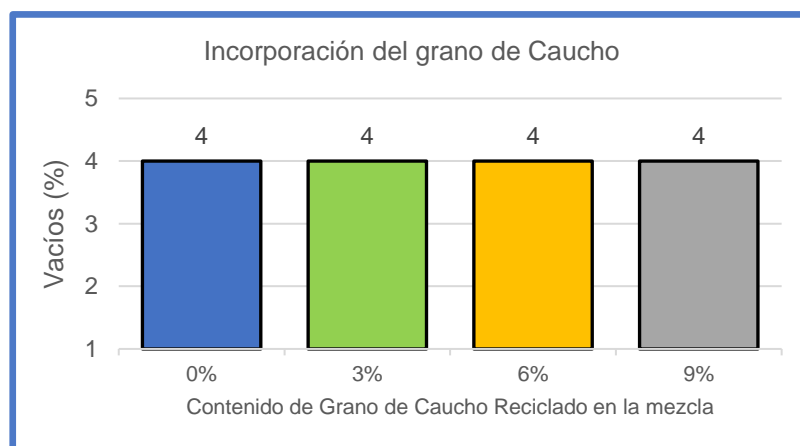


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que la mezcla convencional es la que tiene mayor densidad respecto a las modificadas, pero no se descarta las otras mezclas, ya que estas no presentan mucha variación.

## Porcentaje de vacíos con aire (%)

Figura 33: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho

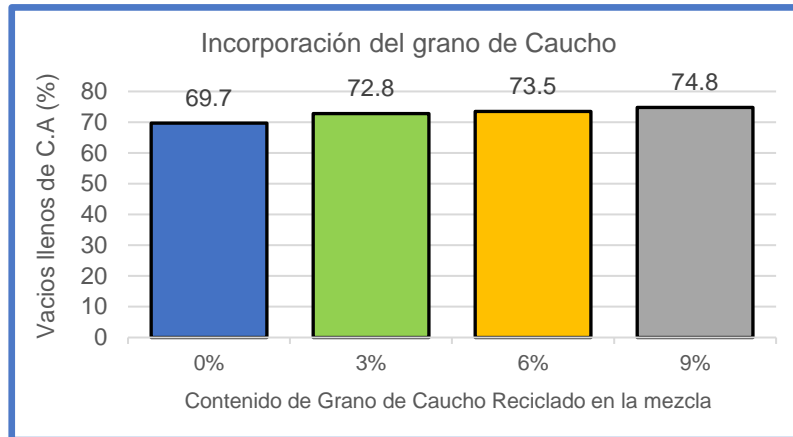


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ve que las cuatro mezclas deben cumplir con la especificación de la mezcla clase con un contenido de vacíos entre 3-5, tomando como valor el 4% de vacíos.

## Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)

Figura 34: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A. de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho

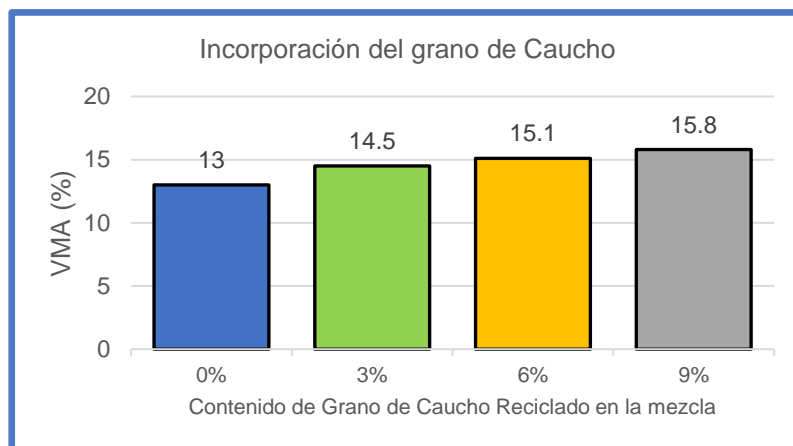


Fuente: Elaboración propio

Interpretación: Se ve que la mezcla modificada con 9% de grano de caucho es la que presenta mayor porcentaje de vacíos llenos de C.A., teniendo menos vacíos respecto a la mezcla convencional.

## Vacíos en el agregado mineral (VMA %)

Figura 35: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho

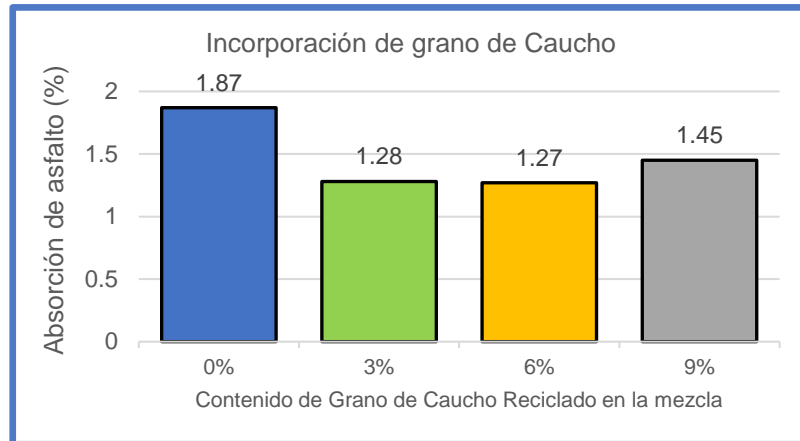


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que el porcentaje de volumen de agregados minerales en la mezcla convencional es menor respecto a las mezclas modificadas. Lo cual es aceptable por la calidad de los agregados.

## Absorción del asfalto (%)

Figura 36: Barra comparativa de absorción de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho

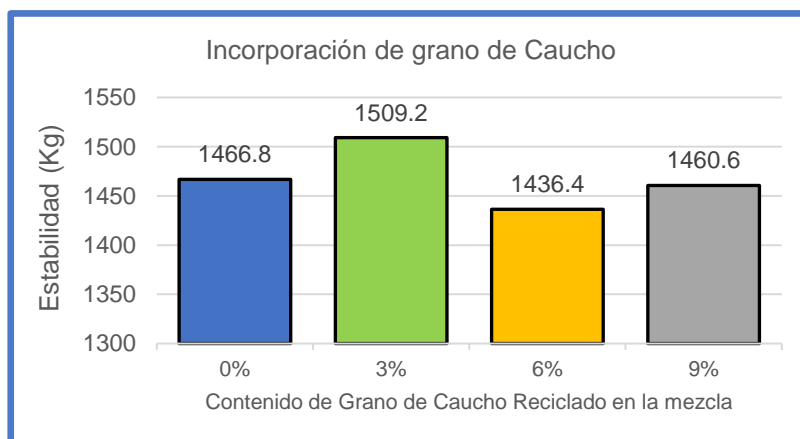


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los asfaltos modificados no presentan una variación considerable, mientras la mezcla convencional presenta un valor mayor, lo cual indica que tendrá un mayor porcentaje de asfalto.

## Estabilidad (Kg)

Figura 37: Barra comparativa de estabilidad de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho



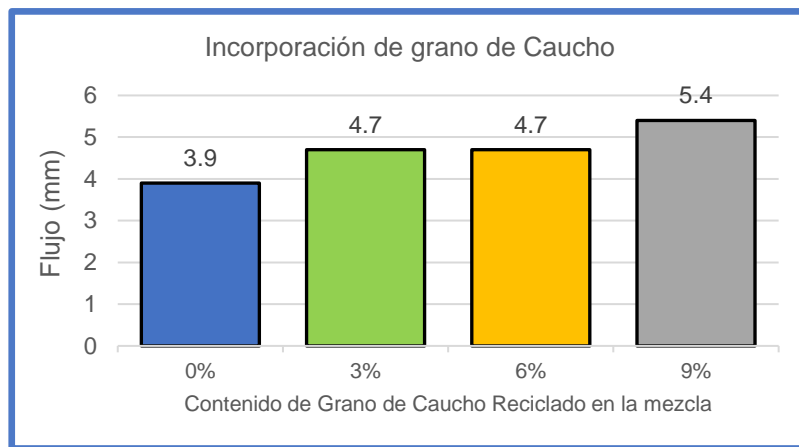
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ve que la mezcla modificada con 3% de caucho es la que presenta un valor mayor de estabilidad con 1509.2 Kg (14.8kN) seguida de la mezcla convencional.



## Flujo (mm)

Figura 38: Barra comparativa del flujo de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho

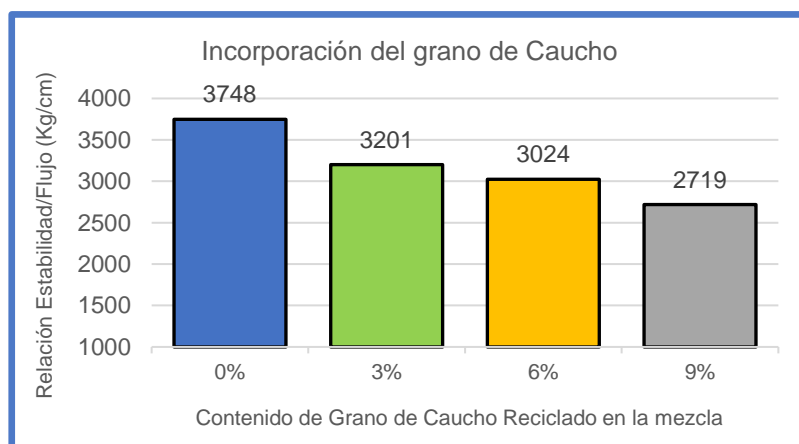


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la mezcla patrón es la que presenta menor valor de flujo (deformación) respecto a las mezclas modificadas con 3%, 6% y 9% de granos de caucho reciclado.

## Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm)

Figura 39: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo de la mezcla patrón y modificadas con grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Podemos ver que la mezcla patrón es la que presenta mayor valor de 3748 Kg/cm, de misma manera las mezclas modificadas también se encuentran en el rango que establece la norma que es de 1700 -4000 kg/cm.

## Selección del contenido óptimo con la incorporación del grano de plástico reciclado

Para la selección óptimo con la incorporación de granos de plástico se obtuvieron datos de otra tesis. Para realizar la evaluación del óptimo de granos de plástico en la mezcla con dosificaciones de 0.3%, 0.6% y 0.9% de grano de plástico, se procedió a realizar una interpolación

Tabla 34: Datos obtenidos de otra tesis

Descripción	Unidades	Contenido de granos de plástico reciclados	
		Convencional	1% de plástico
Contenido óptimo de asfalto (%)		5.6	5.8
Peso específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2.446	2.45
Vacíos (%)		3.9	4.5
Vacíos llenos de CA (%)		77.4	71.1
VMA (%)		17.1	15.5
Absorción de asfalto (%)		0.12	1.26
Estabilidad	kg	1389.4	1434.4
Flujo	mm	3.7	3.6
Relación estabilidad/flujo	kg/cm	3788	3966
Temperatura de mezcla	°C	140 - 145	140 - 145

Fuente: Silvestre Deyvis, (2017).

**La Interpolación:** Consiste en estimar valores o números a partir de otros datos con el fin de determinar valores siguientes o nuevos puntos y la fórmula es la siguiente<sup>50</sup>

$$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o} (y_1 - y_o)$$

Fuente: MACIAS IGLESIAS, José. MATLAB

<sup>50</sup> MACIAS IGLESIAS, José. MATLAB: Una introducción con ejemplos prácticos. 2<sup>da</sup> ed. España: REVERTE, 2005. ISBN: 84-291-5035-8

Tabla 35: Selección del óptimo de granos de plástico reciclado en la mezcla

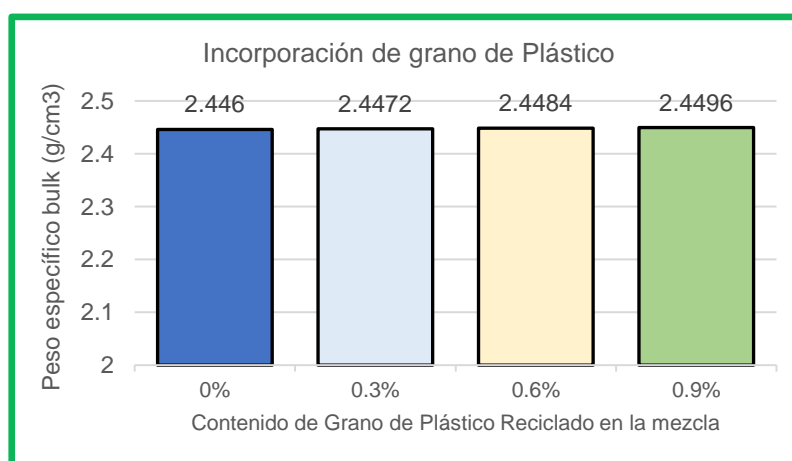
Descripción	Unidades	Contenido de granos de plástico reciclado			
		Convencional 0 %	Grano de plástico 0.3 %	Grano de plástico 0.6 %	Grano de plástico 0.9 %
Contenido óptimo de asfalto (%)		5.6	5.7	5.7	5.78
Peso específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2.446	2.447	2.448	2.450
Vacíos (%)		3.90	4.08	4.26	4.44
Vacíos llenos de CA (%)		77.40	75.51	73.62	71.73
VMA (%)		17.20	16.69	16.18	15.67
Absorción de asfalto (%)		0.12	0.46	0.80	1.15
Estabilidad	kg	1389.40	1402.9	1416.4	1429.90
Flujo	mm	3.70	3.7	3.6	3.61
Relación estabilidad/flujo	kg/cm	3788.00	3841.4	3894.8	3948.20
Temperatura de mezcla	°C	140 - 145	140 - 145	140 - 145	140 - 145

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se formaron las siguientes barras comparativas de los parámetros de diseño para la mezcla convencional y para las mezclas modificadas con 0.3%, 0.6% y 0.9% de grano de plástico reciclado.

### Peso específico bulk (g/cm<sup>3</sup>)

Figura 40: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

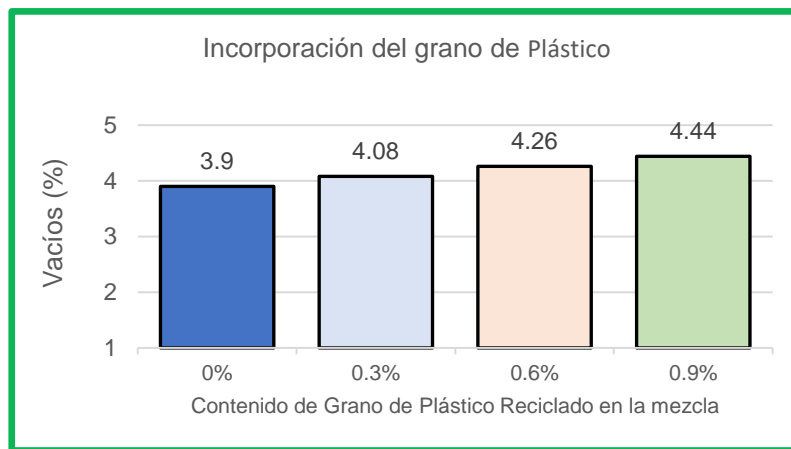


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que el peso específico no varía considerablemente en ninguna de las mezclas. sin embargo, comienza a subir al incorporarle más porcentaje de plástico.

## Vacíos con aire (%)

Figura 41: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

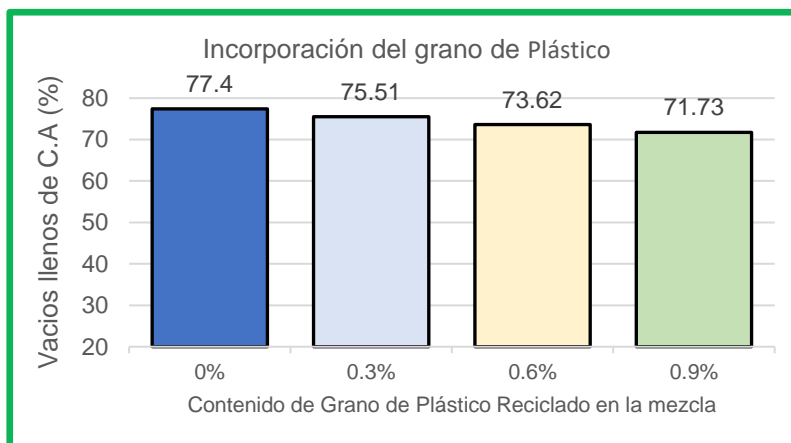


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que el porcentaje de vacíos empieza a subir considerablemente según el aumento de granos de plástico en el cemento asfáltico.

## Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)

Figura 42: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

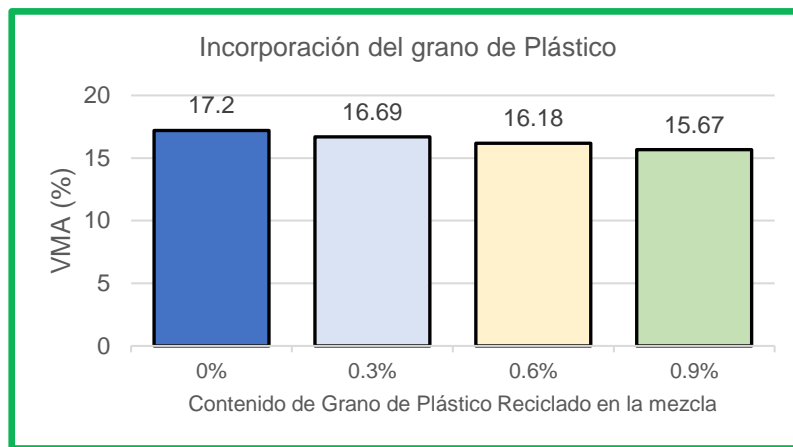


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ve que la mezcla patrón ó convencional es la que presenta mayor % de vacíos llenados de C.A. respecto a las modificadas con granos de plástico.

## Vacíos en el agregado mineral (VMA %)

Figura 43: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

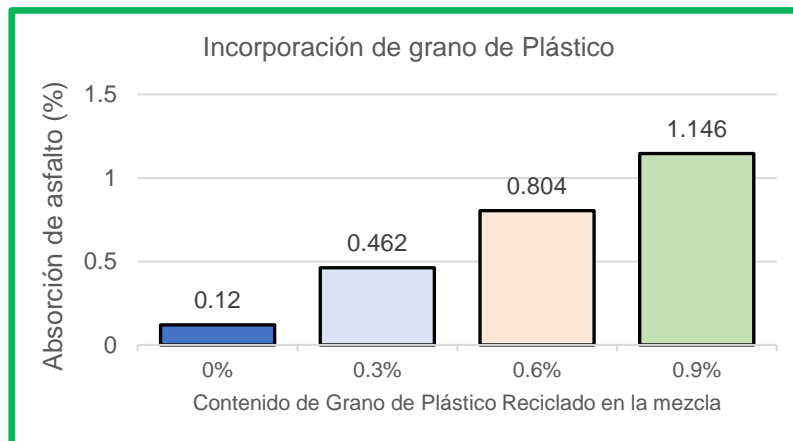


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que el porcentaje de volumen de agregados minerales en la mezcla convencional tiene un valor de 17.1 teniendo el mayor porcentaje respecto a las demás mezclas modificadas.

## Absorción del asfalto (%)

Figura 44: Barra comparativa de absorción de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

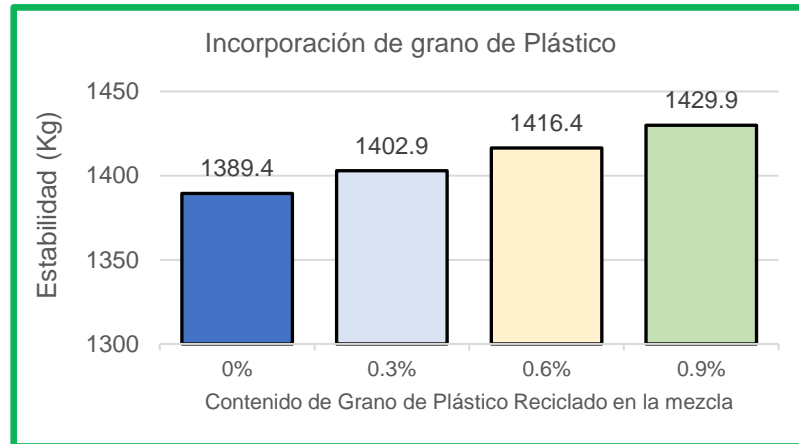


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la mezcla modificada con 0.9% de grano de plástico es la que tiene un mayor porcentaje alcanzando un valor de 1.146%.

## Estabilidad (Kg)

Figura 45: Barra comparativa de estabilidad de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

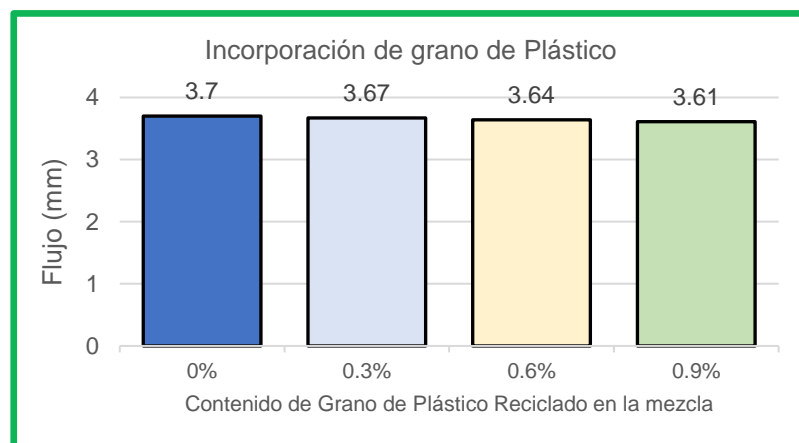


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede ver que la mezcla modificada con 0.9% de plástico es la que presenta un valor mayor de estabilidad con 1429.9 Kg con una diferencia de 40.5 kg respecto a la mezcla patrón.

## Flujo (mm)

Figura 46: Barra comparativa del flujo de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.

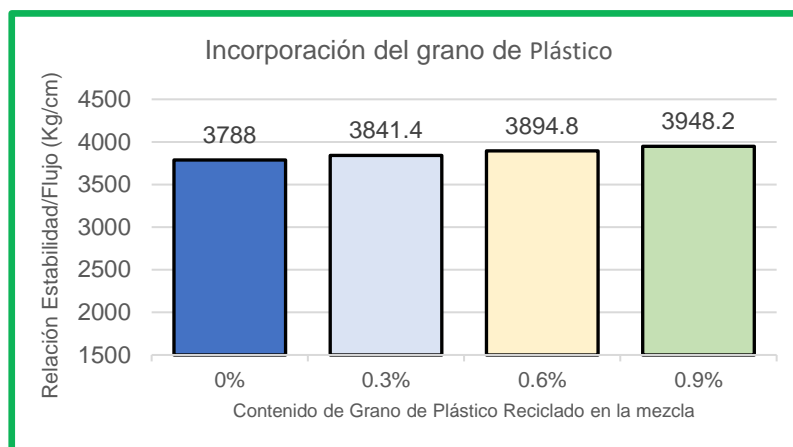


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La mezcla tradicional es la que presenta mayor valor de flujo respecto a las modificadas con de granos de plástico reciclado.

## Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm)

Figura 47: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo de la mezcla patrón y modificada con grano de plástico.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la modificada con 0.9% de plástico es la que presenta un valor mayor respecto a las demás mezclas con un valor de 3948.2 kg/cm.

### 4.3. Análisis

El análisis se realizó tomando como referencia a la mezcla asfáltica patrón o llamada también convencional y las modificadas con Caucho y plástico reciclado que cumplen los estándares mínimos del manual MTC-2013 y estas son el de 3% de caucho y el de 0.9% de plástico.

#### 4.3.1. Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificadas con granos de caucho

Los resultados para mezclas modificadas con granos de caucho reciclado fueron obtenidos en el laboratorio, eligiendo la mezcla asfáltica modifica con 3% de granos de caucho reciclado y un contenido óptimo de asfalto de 5.6%, ya que es la mezcla que más cumple los requisitos mínimos establecidos por el manual de la MTC E.G.

2013 de estabilidad, flujo, relación estabilidad/flujo, V.M.A y los porcentajes de vacíos.

Tabla 36: Resumen de valores de parámetros Marshall de mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

Descripción	Unidades	Contenidos óptimos de mezcla asfáltica	
		Convencional	Caucho 3%
Contenido óptimo de asfalto (%)	-	5.5	5.6
Peso específico bulk	g/cm <sup>3</sup>	2.41	2.371
Vacíos (%)	-	4	4
Vacíos llenos de CA (%)	-	69.7	72.8
VMA (%)	-	13	14.5
Absorción de asfalto (%)	-	1.87	1.28
Estabilidad	kg	1466.8	1509.2
Flujo	mm	3.9	4.7
Relación estabilidad/flujo	kg/cm	3748	3201
Temperatura de mezcla	°C	140 - 145	140 - 145

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente parte se muestra las gráficas y barras comparativas de la mezcla patrón y modificada con 3% de caucho, las gráficas describen las curvas de cada propiedad que dependen de la cantidad de asfalto en la mezcla. De mismo modo cada propiedad tiene su interpretación.

Cuyos gráficos se obtienen con los valores promedios de cada briqueta con un contenido de asfalto, la norma nos especifica que mínimo se deben elaborar 3 briquetas por cada variación de asfalto, de esta manera tener una muestra representativa y un promedio confiable.



## Peso específico bulk (g/cm<sup>3</sup>)

Gráfico 1: Peso específico de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho.

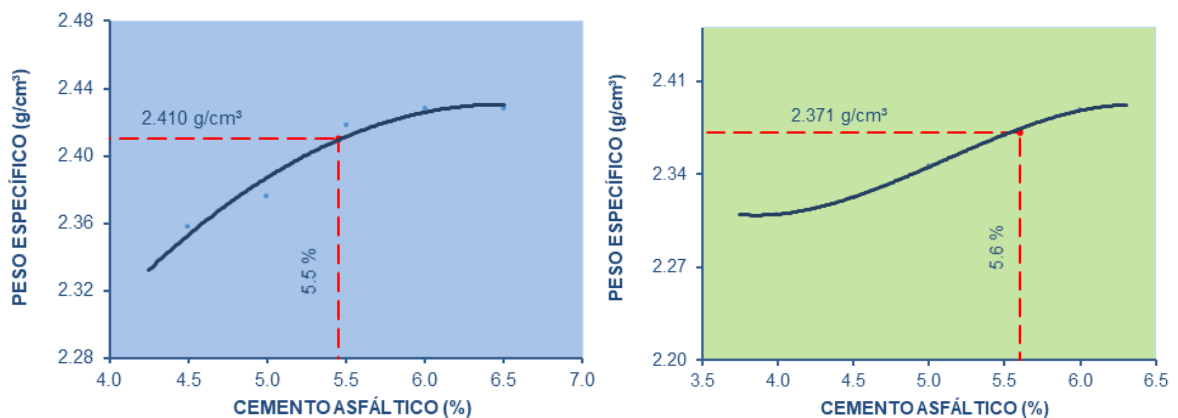
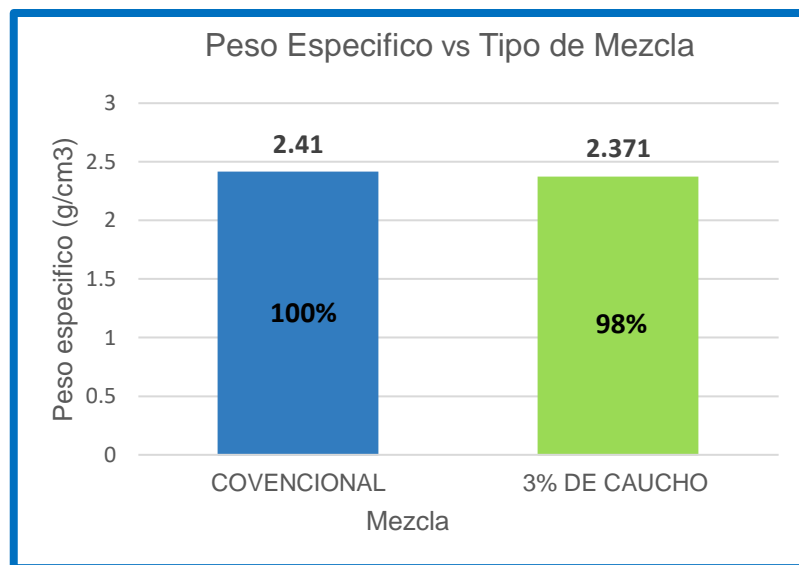


Figura 48: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las barras comparativas se ve que la mezcla convencional es la que tiene mayor densidad respecto a la mezcla modificada con 3% de grano de caucho, lo cual indica que la convencional es la que mayor densidad presenta sin embargo la modificada solo varía en un 2% lo cual es aceptable.

## Porcentaje de vacíos con aire (%)

Gráfico 2: de vacíos de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

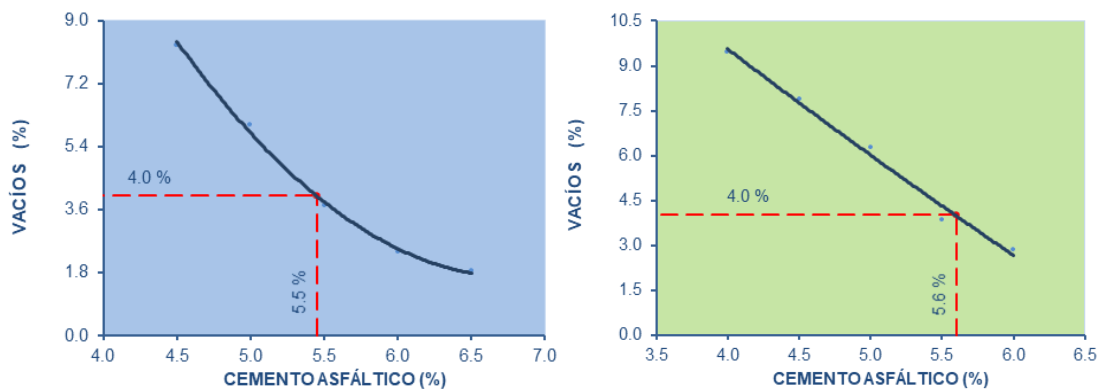
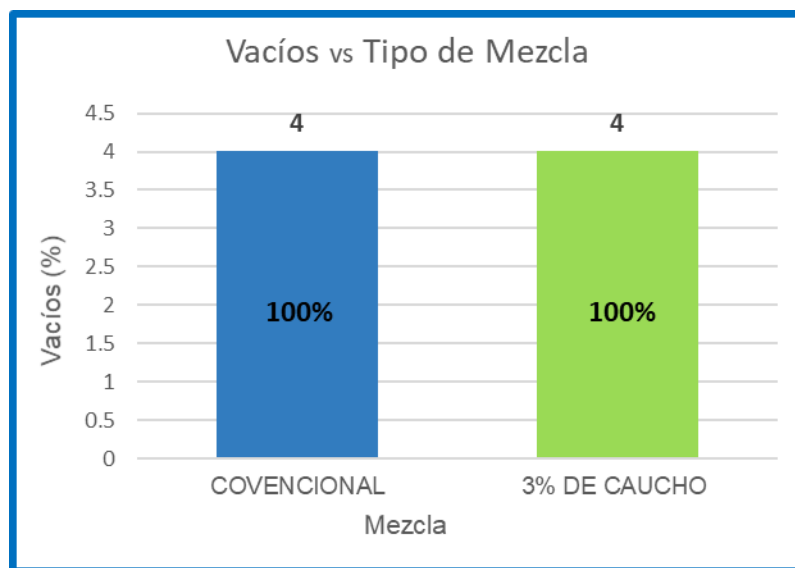


Figura 49: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las barras comparativas se aprecia que las cuatro mezclas deben cumplir con la especificación de la mezcla clase con un contenido de vacíos entre 3-5, tomando como optimo el 4% de vacíos ya que si se toma el 3% de vacíos te tendrá baja permeabilidad al pasar por cargas repetidas, de mismo modo al tomar un valor de 5% de vacíos se generará el ingreso de aire y agua lo cual facilitará el deterioro de la mezcla.

## Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)

Gráfico 3: de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

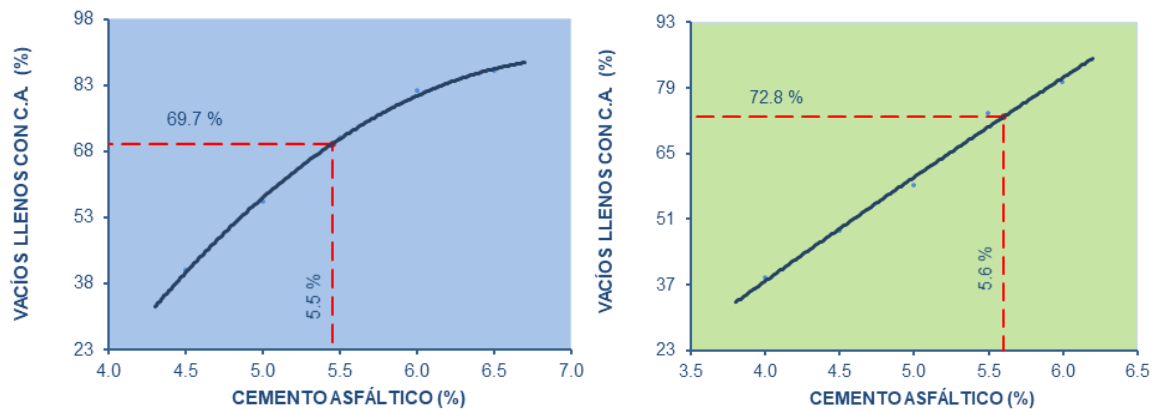
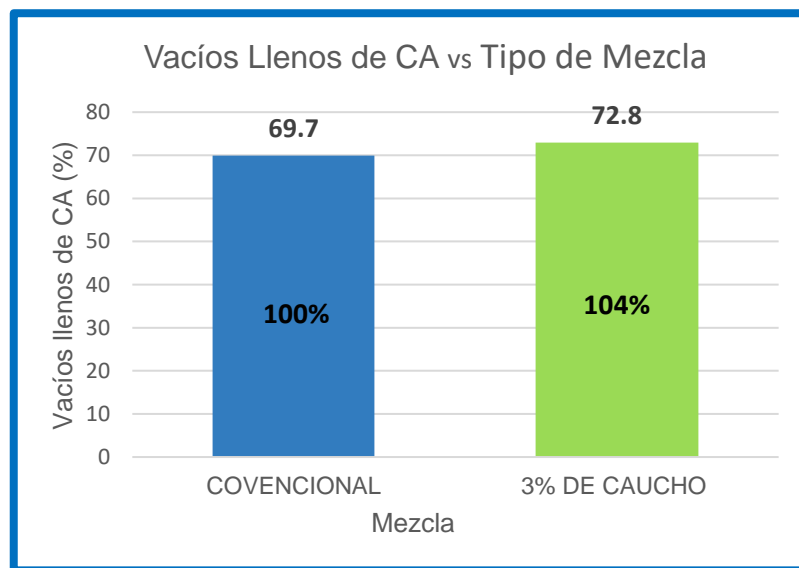


Figura 50: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las barras comparativas se observa que la modificada con 3% de grano de caucho es la que presenta mayor porcentaje de vacíos. con un incremento de 4% respecto a la mezcla convencional.

## Vacíos en el agregado mineral (VMA %)

Gráfico 4: de VMA de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

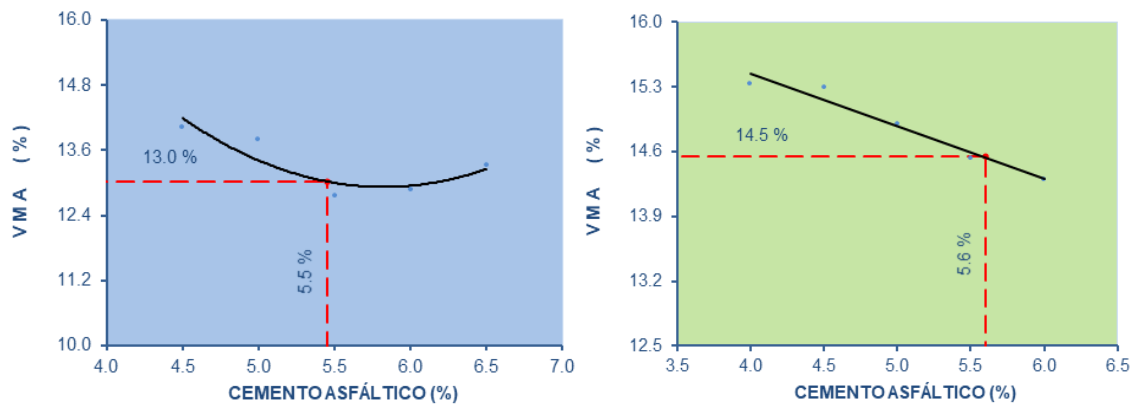
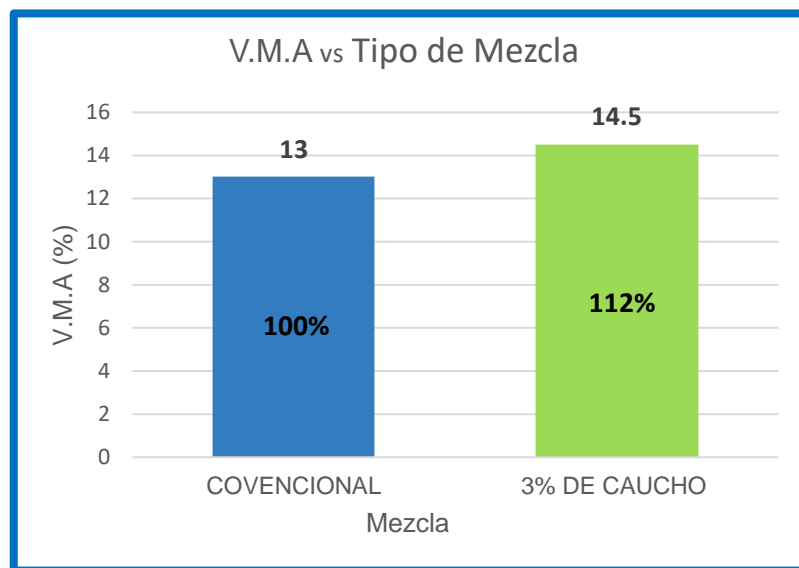


Figura 51: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede ver que el porcentaje de volumen de agregados minerales en la mezcla modificada es mayor respecto a las mezclas convencionales, esto indica que disminuirá los problemas de baja durabilidad de la mezcla.

## Estabilidad (Kg)

Gráfico 5: de estabilidad del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

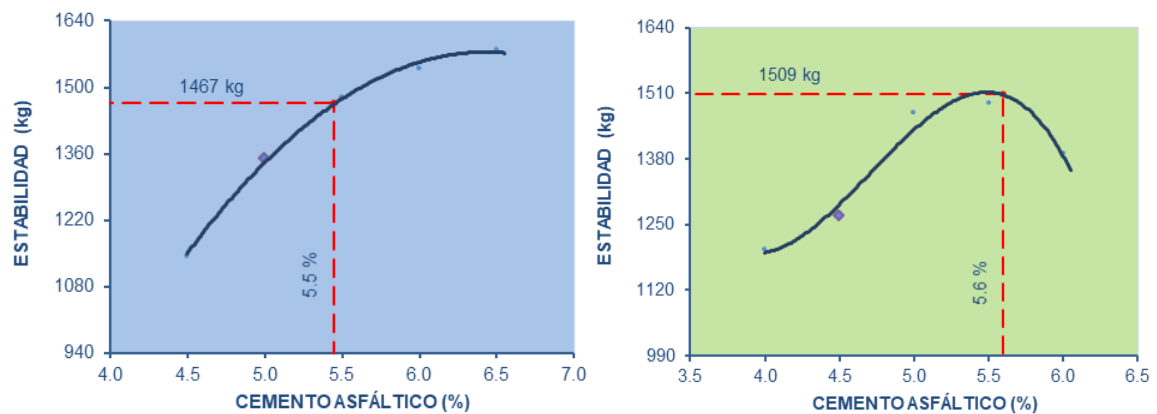
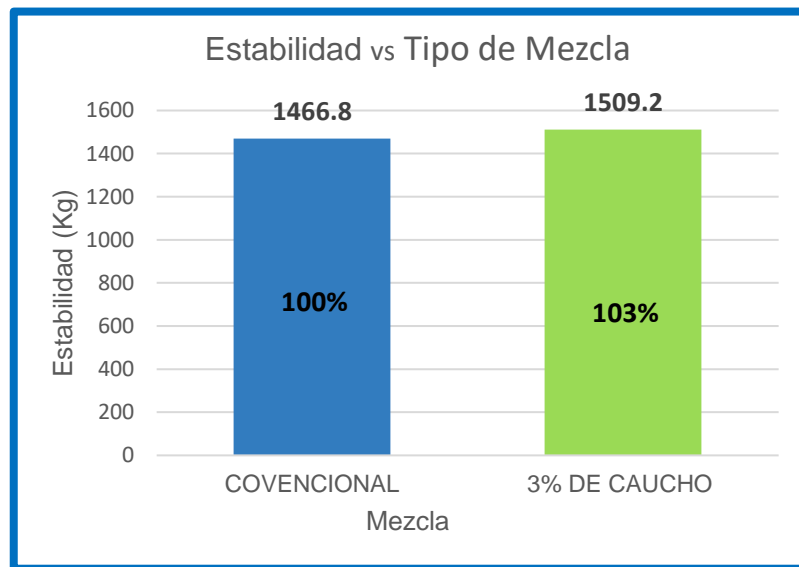


Figura 52: Barra comparativa de estabilidad del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede apreciar en las barras que la modificada con 3% de caucho es la que presenta un valor de estabilidad de 1509.2 Kg y la mezcla convencional presenta una estabilidad de 1466.8 Kg, de esta manera la mezcla modificada presenta un aumento de 3% de rigidez siendo más resistente a las deformaciones.

## Flujo (mm)

Gráfico 6: del flujo del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

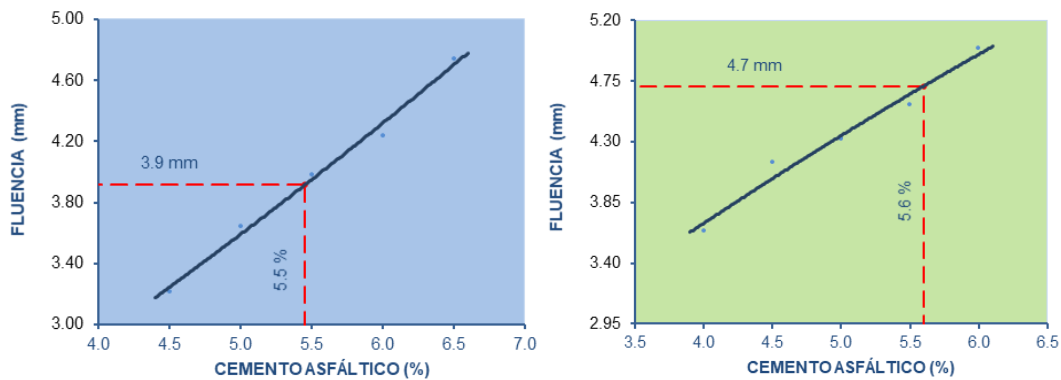
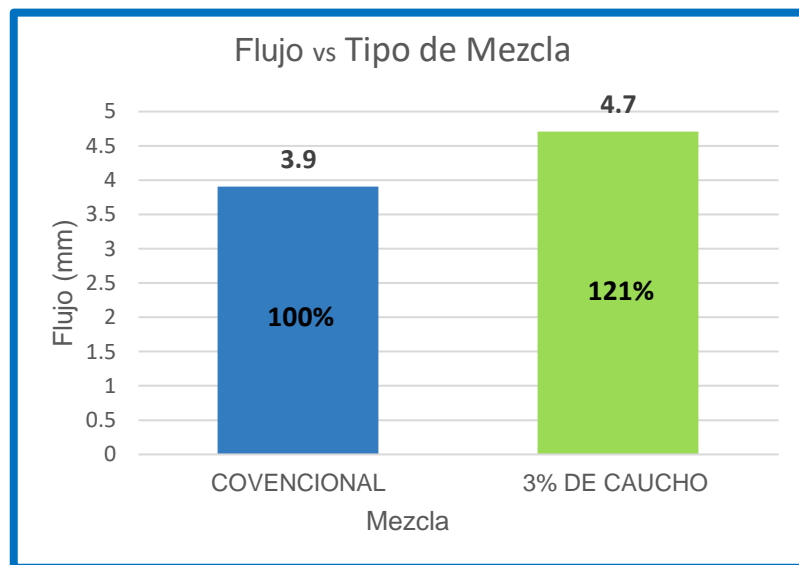


Figura 53: Barra comparativa del flujo del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

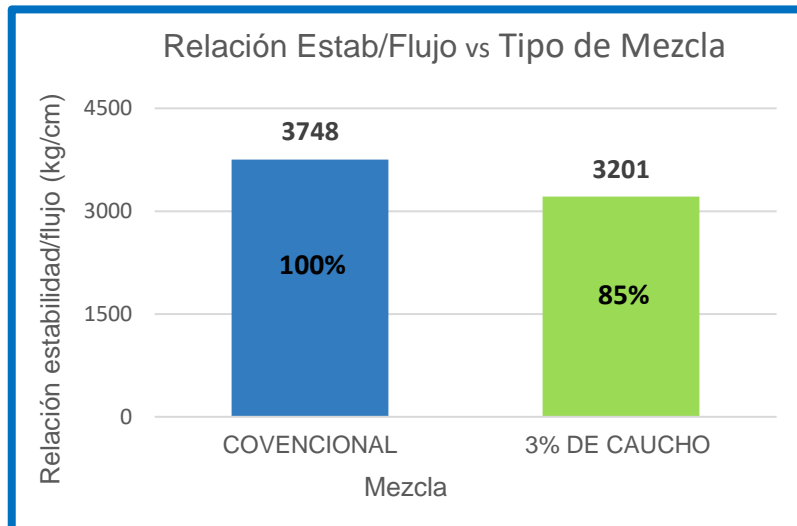


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Observamos que la mezcla patrón es la que presenta menor valor de flujo (deformación) respecto a la mezcla modificada, lo cual nos indica que la mezcla convencional presenta mayor elasticidad a la mezcla sin embargo la mezcla modificada también cumple con el requisito mínimo de flujo del manual MTC 2013.

## Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm)

Figura 54: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho

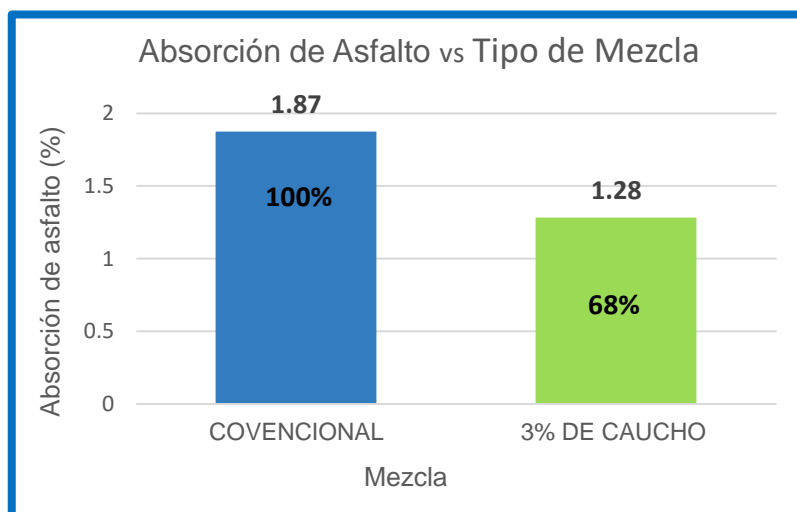


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ve que la mezcla patrón es la que proporciona mayor rigidez con un valor de 3748 Kg/cm, de misma manera la mezcla modificada también cumple con el valor mínimo la norma que es de 1700 -4000 kg/cm.

## Absorción del asfalto (%)

Figura 55: Barra comparativa de absorción del asfalto de la mezcla patrón y modificada con 3% de grano de caucho



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Observamos que la mezcla modificada con grano de caucho presenta una baja de 32% respecto a la mezcla convencional, lo cual indica que tendrá un menor porcentaje de asfalto.

#### 4.3.2. Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificadas con granos de plástico

Los resultados para mezclas modificadas con granos de plástico reciclado fueron obtenidos por análisis de datos e interpolación, eligiendo la mezcla asfáltica modifica con 0.9% de granos de plástico reciclado y un óptimo contenido de asfalto de 5.78%, ya que es la mezcla que más cumple los requisitos mínimos establecidos por el manual de la MTC E.G. 2013 de estabilidad, flujo, relación estabilidad/flujo, V.M.A y los porcentajes de vacíos.

Tabla 37: Resumen de valores de parámetros Marshall de mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

Descripción	Unidades	Contenidos óptimos de mezcla asfáltica	
		Convencional	0.9% de plástico
Contenido óptimo de asfalto (%)	-	5.6	5.78
Peso específico bulk	g/cm3	2.446	2.45
Vacíos (%)	-	3.9	4.44
Vacíos llenos de CA (%)	-	77.4	71.73
VMA (%)	-	17.1	15.67
Absorción de asfalto (%)	-	0.12	1.15
Estabilidad	kg	1389.4	1429.9
Flujo	mm	3.7	3.61
Relación estabilidad/flujo	kg/cm	3788	3948.2
Temperatura de mezcla	°C	140 - 145	140 - 145

Fuente: Elaboración propia



## Peso específico bulk (g/cm<sup>3</sup>)

Gráfico 7: peso específico de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.

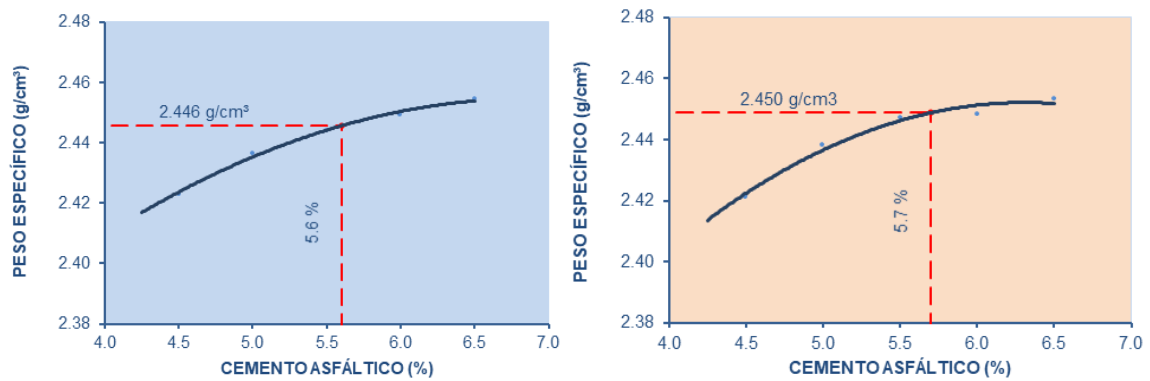
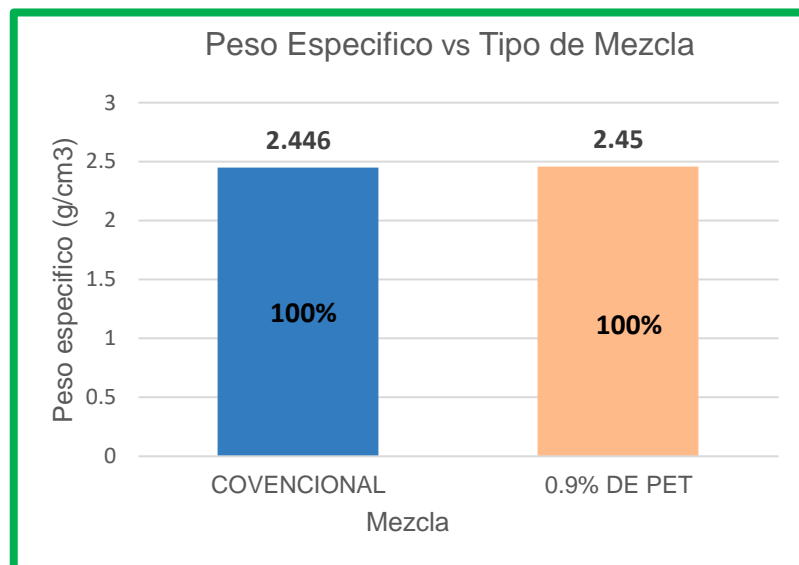


Figura 56: Barras comparativas del peso específico de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las barras comparativas se observa que la mezcla convencional y la modificada tienen el mismo valor de densidad, ya que solo varían en valores mínimos.

## Porcentaje de vacíos con aire (%)

Gráfico 8: vacíos de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

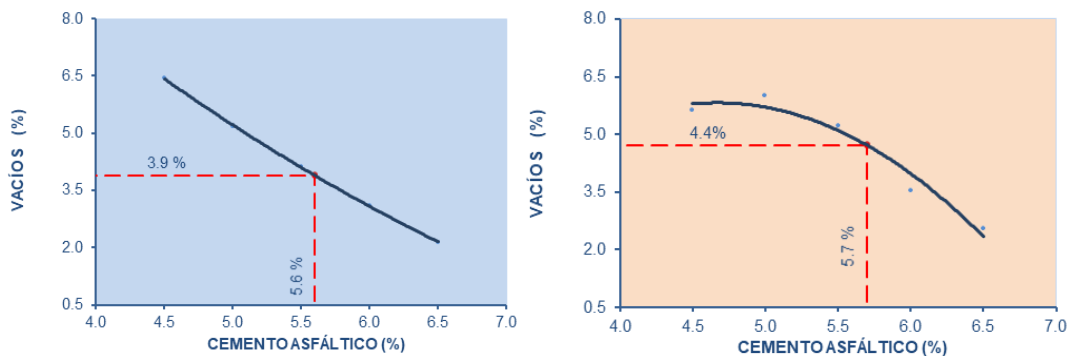
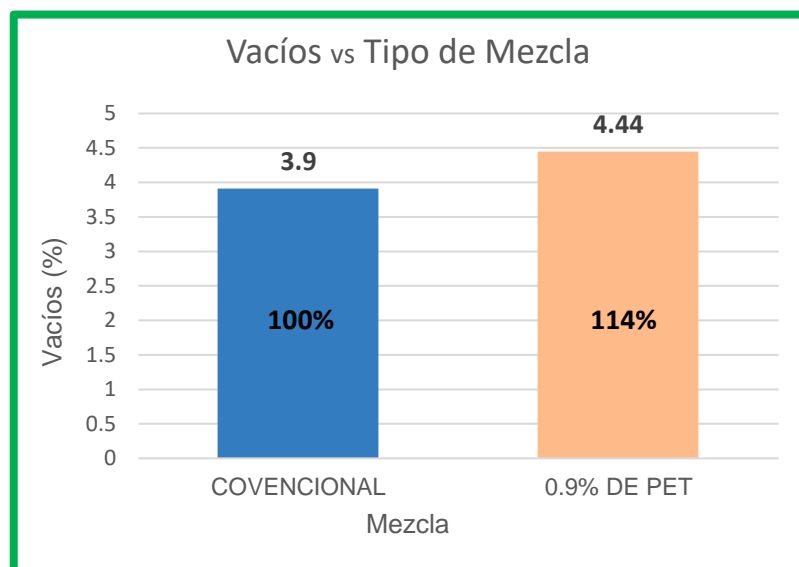


Figura 57: Barras comparativas de vacíos de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las barras comparativas se observa que la mezcla modificada aumenta en un 14% de vacíos respecto a la mezcla convencional, pero se encuentra dentro el rango de 3-5, por lo cual es aceptable.

## Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)

Gráfico 9: vacíos llenos de C.A de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

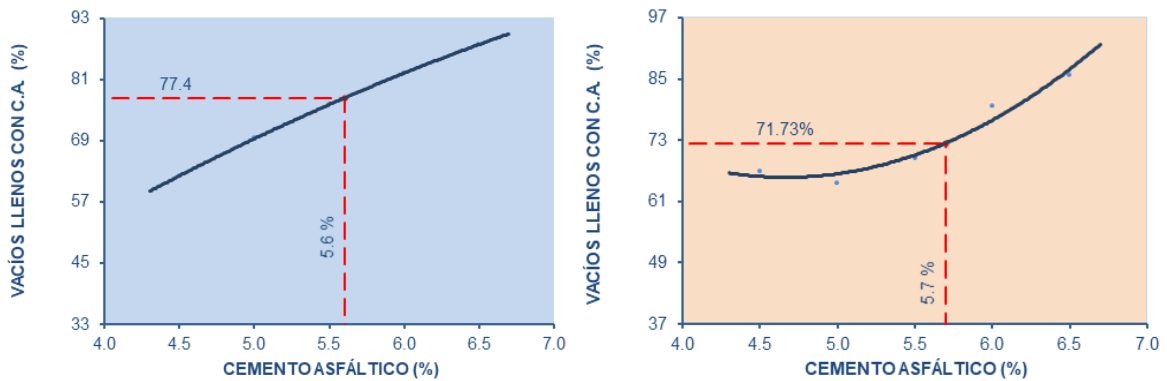
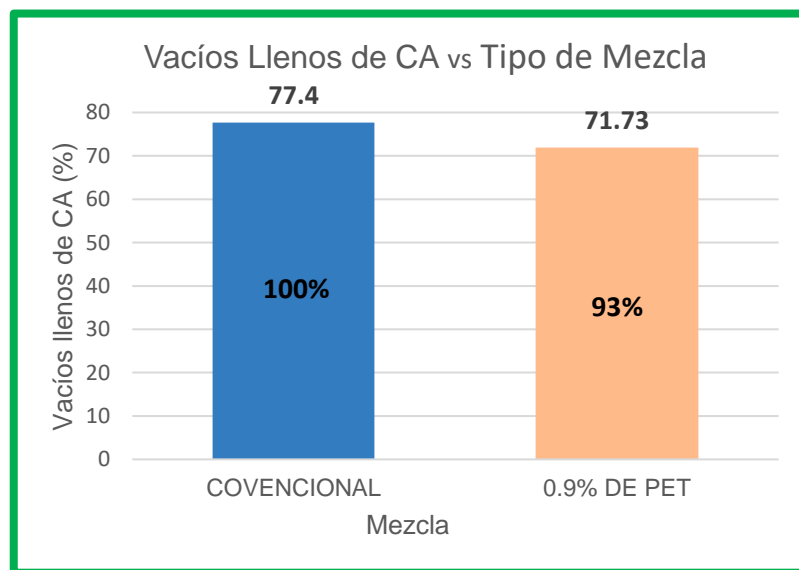


Figura 58: Barra comparativa de vacíos llenos de C.A de la mezcla convencional y modificada con 0.9% de grano de plástico



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las barras comparativas se observa que la mezcla modificada con 0.9% de grano de plástico es la que presenta menor porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico con una diferencia del 7% respecto a la mezcla convencional.

## Vacíos en el agregado mineral (VMA %)

Gráfico 10: VMA de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

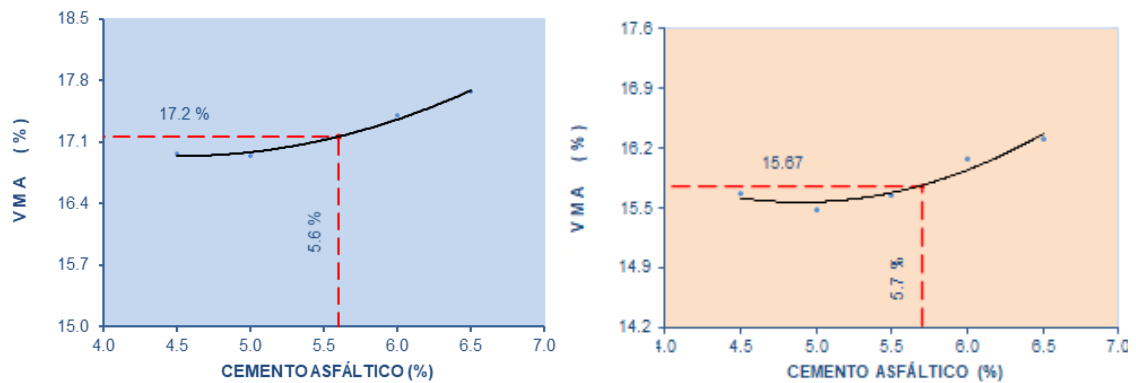
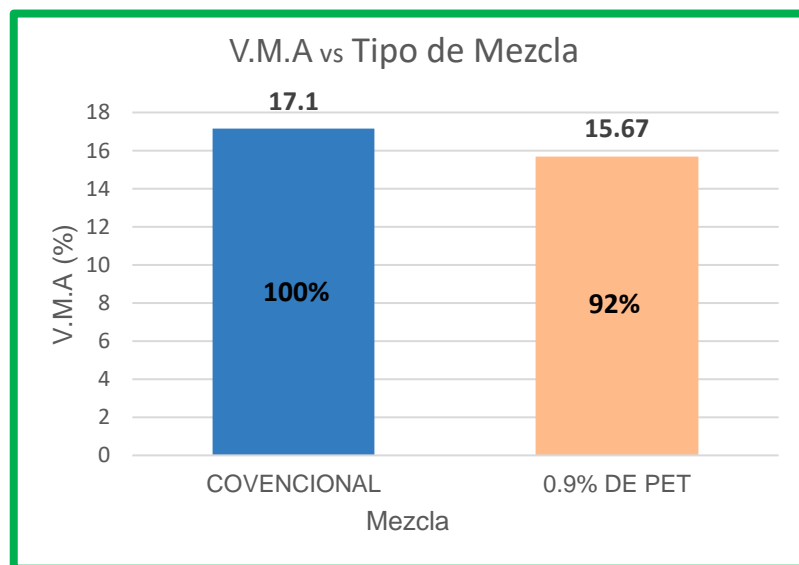


Figura 59: Barra comparativa de VMA de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que el porcentaje de volumen de agregados minerales en la mezcla modificada disminuye en un 8%, con lo cual aporta mayor vacío en el agregado mineral respecto a la mezcla patrón que alcanzó un valor de 17.1%.

## Estabilidad (Kg)

Gráfico 11: estabilidad de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

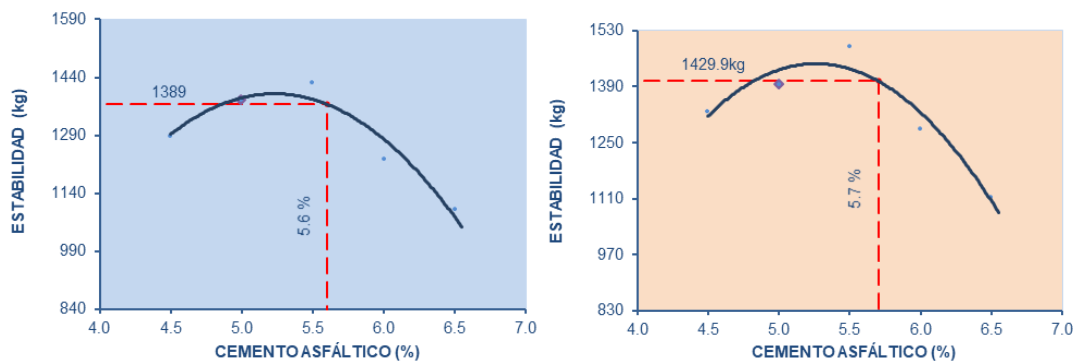
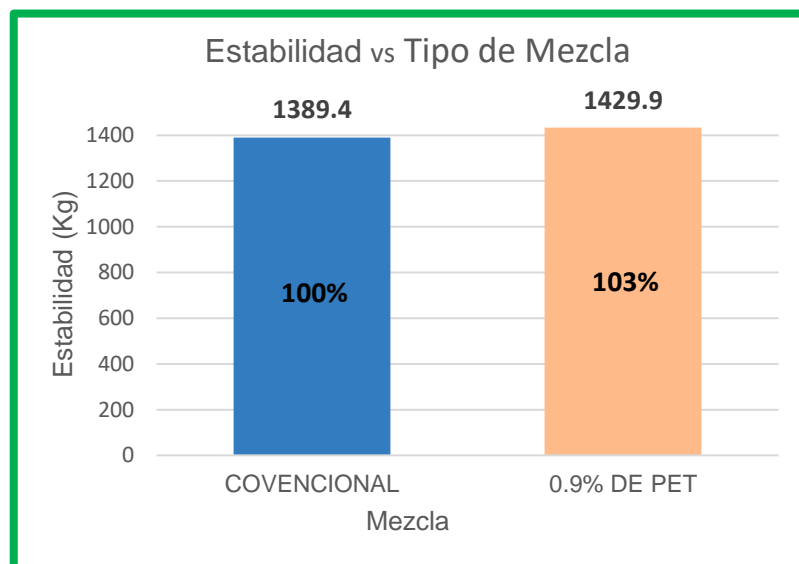


Figura 60: Barra comparativa de estabilidad de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la mezcla modificada con 0.9% de caucho es la que presenta un valor de estabilidad de 1429.9 Kg y la mezcla convencional presenta una estabilidad de 1389.4 Kg, de esta manera la mezcla modificada presenta un aumento de 3% de rigidez siendo más resistente a las deformaciones.

## Flujo (mm)

Gráfico 12: flujo de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

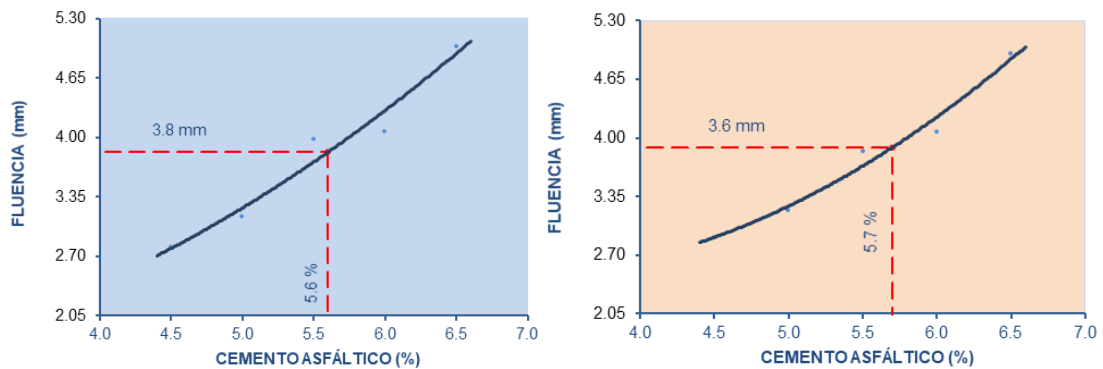
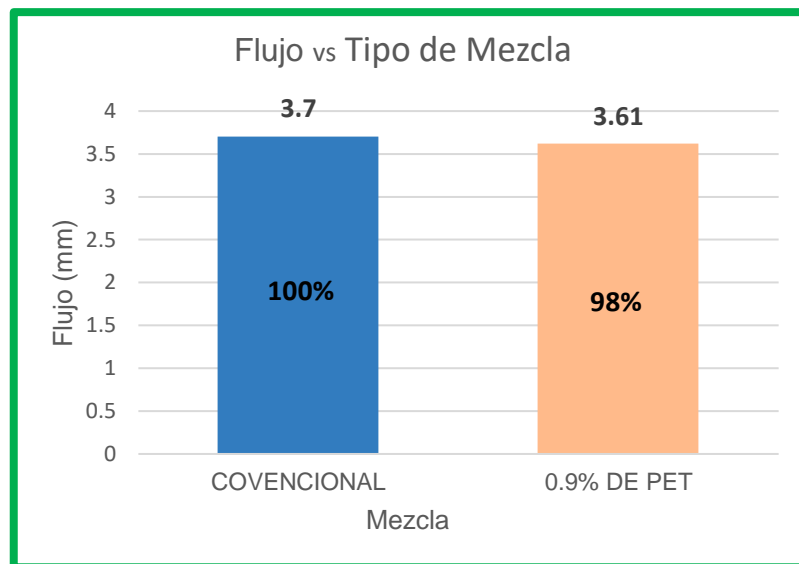


Figura 61: Barra comparativa del flujo de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

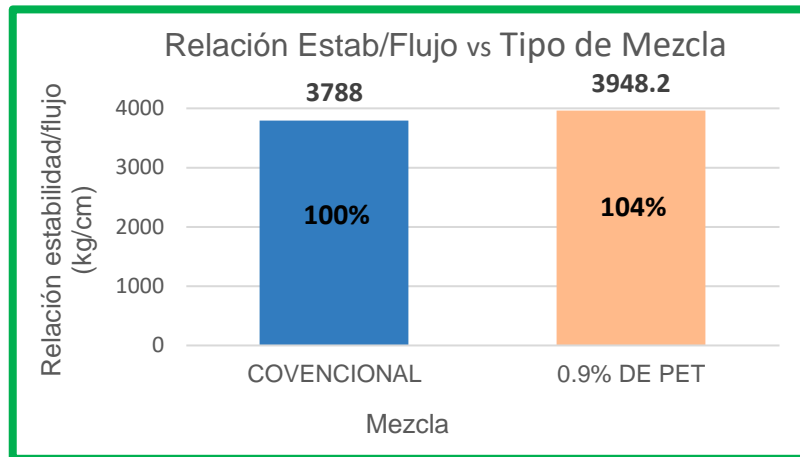


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la mezcla convencional es la que presenta mayor valor de flujo (deformación) respecto a la mezcla modificada, lo cual indica que la mezcla modificada presenta mayor elasticidad a la mezcla.

## Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm)

Figura 62: Barra comparativa de la relación Estabilidad/Flujo de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico

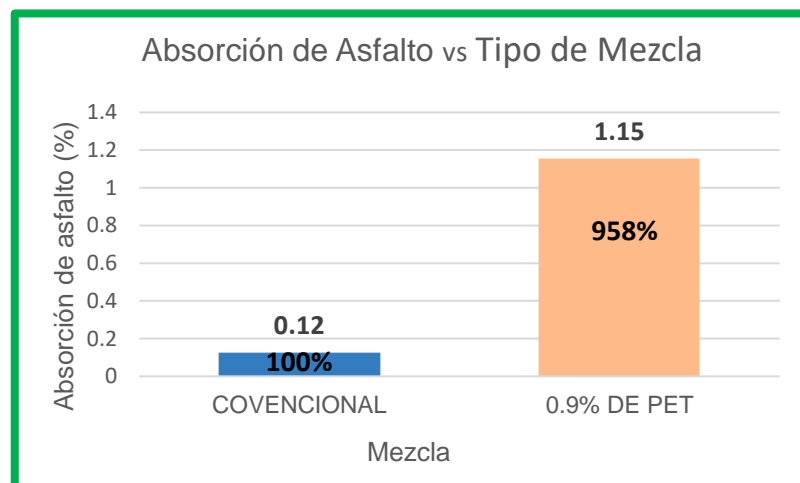


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede ver que la mezcla modifica es la que proporciona mayor rigidez con un valor de 3948.2 Kg/cm, con un aumento de 4% respecto a la mezcla patrón o convencional.

## Absorción del asfalto (%)

Figura 63: Barra comparativa de absorción de la mezcla patrón y modificada con 0.9% de grano de plástico



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la modificada con grano de plástico tiene un mayor porcentaje de absorción respecto a la mezcla patrón.

#### 4.4. Costos

##### Costo de producción de la mezcla patrón

En la siguiente tabla se realizó el análisis de precios unitarios de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón o llamada también convencional, con un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.5%.

Tabla 38: Costo de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón

APU DE MEZCLA ASFÁLTICA (PATRÓN)					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 60/70				
	m3/DIA	MO:	25	EQ:	25
Costo unitario directo por m3	TOTAL S/.				471.58
MANO DE OBRA	Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.3200	22.27
OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	18.77	6.01
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	15.3	4.90
PEON	hh	3.0000	0.9600	13.93	13.37
					<b>31.41</b>
MATERIALES					
PIEDRA CHANCADA	m3		0.3780	35	13.23
ARENA CHANCADA	m3		0.5670	50	28.35
CEMENTO ASFÁLTICO	kg		132.4300	2.7	357.56
MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	0.50%	0.6622	10.2	6.75
MODIFICADOR	kg	0.0%	0.0000	0	0
					<b>405.89</b>
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5%	31.41	1.57
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0321	160.62	5.16
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.4	5.53
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0343	140.3	4.81
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	536	17.21
					<b>34.28</b>

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón o llamado convencional tiene un costo de S/. 471.58.

##### Costo de producción de la mezcla con granos de caucho reciclado

En la siguiente tabla se realizó el análisis de precios unitarios de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla modificada con 3% de granos de caucho reciclado respecto a la masa del cemento asfáltico, con un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.6%.



Tabla 39: Costo de 1m3 de mezcla asfáltica modificada con 3% de caucho

APU DE MEZCLA ASFÁLTICA (MODIFICADA CON 3% DE GRANO DE CAUCHO)					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 60/70				
m3/DIA	MO:	25	EQ:	25	
Costo unitario directo por m3	TOTAL S/.				469.28
MANO DE OBRA	Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ	hh	1.0000	0.3200	22.27	7.13
OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	18.77	6.01
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	15.3	4.90
PEON	hh	3.0000	0.9600	13.93	13.37
					<b>31.41</b>
MATERIALES					
PIEDRA CHANCADA	m3		0.3776	35	13.22
ARENA CHANCADA	m3		0.5664	50	28.32
CEMENTO ASFÁLTICO	kg	134.840	130.795	2.7	353.15
MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	0.50%	0.6742	10.2	6.88
MODIFICADOR (GRANOS DE CAUCHO)	kg	3.0%	4.045	0.5	2.02
					<b>403.59</b>
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5%	31.41	1.57
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0321	160.62	5.16
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.4	5.53
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0343	140.3	4.81
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	536	17.21
					<b>34.28</b>

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede ver que la producción de 1m3 de mezcla modificada con 3% de granos de caucho tiene un costo de S/. 469.28.

### Comparación de costos de la producción de mezcla patrón y modificada con granos de caucho

Tabla 40: Variación de costos

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA MODIFICADA CON 3% DE CAUCHO
PRECIO MEZCLA ASFÁLTICA	S/471.58	S/469.28
AHORRO (1M3)	<b>S/2.30</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Se confirma el ahorro en la producción de mezcla asfáltica modificada con 3% de granos de caucho. Como se puede observar el precio unitario de producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica convencional tiene un costo de S/. 471.58 y la producción de la mezcla modificada alcanza un costo de S/. 469.28 con una diferencia de S/. 2.30.

### Costo de producción de la mezcla patrón

En la siguiente tabla se realizó el análisis de precios unitarios de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica convencional, con un contenido óptimo de cemento asfáltico de 5.6%.

Tabla 41: Costo de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón

APU MEZCLA ASFÁLTICA (PATRÓN)					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 60/70				
m3/DIA	MO:	25	EQ:	25	
Costo unitario directo por m3	TOTAL S/.				498.04
MANO DE OBRA	Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ	hh	1.0000	0.3200	22.27	7.13
OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	18.77	6.01
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	15.3	4.90
PEON	hh	3.0000	0.9600	13.93	13.37
					<b>31.41</b>
MATERIALES					
PIEDRA CHANCADA	m3		0.3776	35	13.22
ARENA CHANCADA	m3		0.5664	50	28.32
CEMENTO ASFÁLTICO	kg		142.0600	2.7	383.56
MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	0.50%	0.7103	10.2	7.25
MODIFICADOR	kg	0.0%	0.0000		0
					<b>432.35</b>
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5%	31.41	1.57
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yc	hm	1.0000	0.0321	160.62	5.16
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.4	5.53
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0343	140.3	4.81
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	536	17.21
					<b>34.28</b>

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ve que la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón tiene un costo de S/. 498.04.

## Costo de producción de la mezcla modificada con granos de plástico reciclado

En la siguiente tabla se realizó el análisis de precios unitarios de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla modificada con 0.9% de granos de plástico reciclado respecto a la masa del cemento asfáltico, con un óptimo contenido de cemento asfáltico de 5.78%.

Tabla 42: Costo de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 0.9% de plástico

APU MEZCLA ASFÁLTICA (MODIFICADA CON 0.9% DE GRANO DE PLÁSTICO)					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 60/70				
m3/DIA	MO:	25	EQ:	25	
Costo unitario directo por m3	TOTAL S/.				498.83
MANO DE OBRA	Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ	hh	1.0000	0.3200	22.27	7.13
OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	18.77	6.01
OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	15.3	4.90
PEON	hh	3.0000	0.9600	13.93	13.37
					<b>31.41</b>
MATERIALES					
PIEDRA CHANCADA	m3		0.3694	35	12.93
ARENA CHANCADA	m3		0.5453	50	27.27
CEMENTO ASFÁLTICO	kg	143.7	142.436	2.7	384.58
MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	0.50%	0.7187	10.2	7.33
MODIFICADOR (GRANO DE PLÁSTICO)	kg	0.9%	1.294	0.8	1.03
					<b>433.14</b>
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5%	31.41	1.57
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd	hm	1.0000	0.0321	160.62	5.16
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.4	5.53
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0343	140.3	4.81
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	536	17.21
					<b>34.28</b>

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 0.9% de granos de plástico tiene un costo de S/. 498.83

## Comparación de costos de la producción de mezcla patrón y modificada con granos de plástico

Tabla 43: Variación de costos

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA MODIFICADA CON 0.9% DE PLÁSTICO
PRECIO MEZCLA ASFÁLTICA	S/498.04	S/498.83
AHORRO (1M3)	<b>-S/0.79</b>	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con la incorporación de granos de plástico a la mezcla asfáltica se tiene un incremento de precio de S/. 0.79 respecto a la mezcla convencional. Pero lo cual es factible ya que presenta mejoras en las propiedades de la mezcla.

## V. DISCUSIÓN

5.1. Determinación de la dosificación óptima de granos de caucho que mejora el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019.

Según Flores Nelson (2018). En su investigación realizó un diseño de mezcla asfáltica incorporando granos de caucho al cemento asfáltico por vía húmeda con una dosificación de 5%, 10% y 20%, de lo cual obtuvo mejores resultados con la dosificación de 5%. Cuyos resultados fueron; el óptimo contenido de asfalto fue de 6.2% con un porcentaje de vacíos de 4.2%, de mismo modo el valor de la estabilidad disminuyó respecto a su mezcla patrón con un valor de 1234.4Kg obteniendo un valor de 1202.4Kg, mientras que el valor de flujo (deformación) aumentó respecto a su mezcla convencional que alcanzó un valor de 3.9 mm teniendo un valor de 4.7 mm en la mezcla modificada y el valor del índice de rigidez de la mezcla modificada fue de 2692 kg/cm mientras que la mezcla convencional tuvo un valor de 3172 Kg/cm.. Es así que en esta investigación se logró mejorar las propiedades con la incorporación del 5% de granos de caucho reciclado.

La dosificación óptima de granos de caucho mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019. Mediante el ensayo Marshall realizado en laboratorio se afirma que las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mejoraron con un contenido óptimo de asfalto de 5.6%, de mismo modo con un contenido de vacíos óptimo de 4%, la estabilidad aumentó de manera considerablemente respecto a la mezcla asfáltica patrón en un 3%, de esta manera garantizando la resistencia de la mezcla.

¿De qué manera la dosificación óptima de granos de caucho influye el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019? Al iniciar la investigación se procedió realizar los distintos ensayos de la calidad de los materiales grueso y finos, luego se procedió evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional mediante el ensayo Marshall, luego se procedió agregarle granos de caucho reciclado al cemento asfáltico con una dosificación de 3%, 6% y 9%, de los cuales la mezcla con 3% de granos de caucho es la que presentó mejores resultados, con un contenido óptimo de asfalto de 5.6%

y un 4% de vacíos, los vacíos llenos de C.A. tuvo un valor de 72.8% con un aumento de 4% respecto a la mezcla convencional y el vacío de agregado mineral tuvo un valor de 14.5 con una diferencia de 1.5%, de misma manera el valor de la estabilidad fue de 1509.2 Kg lo cual equivale un incremento de 3% respecto a la mezcla convencional que alcanzo un valor de 1466.8 kg. Por otro lado, el flujo alcanzo un valor de 4.7mm y el valor de la relación estabilidad/flujo fue de 3201 kg/cm.

5.2. Determinación de la dosificación óptima de granos de plástico que mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019.

Según Silvestre Deyvis (2017). En su investigación realizo un diseño de mezcla asfáltica convencional y con la incorporando de granos de plástico PET al cemento asfáltico con dosificación de 1%, de lo cual obtuvo mejores resultados con la mezcla modificada con 1% de granos de PET. Cuyos resultados fueron: el contenido óptimo de asfalto fue de 5.8% con un porcentaje de vacíos de 3.7%, de mismo modo el peso específico de la mezcla patrón aumentó a 2.45g/cm<sup>3</sup> lo cual significa disminución de vacíos en la mezcla, el valor de la estabilidad mejoro obteniendo un valor de 1434.2 kg respecto a su mezcla convencional que obtuvo un valor de 1389.4kg, lo cual equivale un incremento de 3.2%, mientras que el valor de flujo (deformación) disminuyo respecto a su mezcla patrón teniendo un valor de 3.6 mm, lo cual indica que aportó más rigidez a la mezcla y el valor de la relación estabilidad/flujo de la mezcla modificada fue de 3966 kg/cm mientras que la mezcla convencional alcanzo un valor de 3788kg/cm. Con los resultados del autor y los resultados obtenidos se afirma que las propiedades de la mezcla modificada con plásticos PET como la estabilidad e índice de rigidez mejoran considerablemente.

La dosificación óptima de granos de plástico mejorara el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019. Mediante el ensayo Marshall realizado por el tesista citado y la interpolación de datos se afirma que las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mejoraron satisfactoriamente, cumpliendo los mínimos valores establecidos en el manual del MTC 2013-EG, aunque el contenido óptimo de asfalto aumento, el contenido de vacíos disminuyo,

lo cual garantiza una duración de la mezcla, de mismo modo la estabilidad aumento de 3% respecto a la mezcla convencional y el flujo disminuyo, además el factor de rigidez aumento, lo cual fue favorable para diseño de mezclas asfálticas.

¿De qué manera la dosificación optima de granos de plástico influye el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019? se evaluó las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mediante la interpolación de datos obtenidos de otra tesis agregándole granos de plástico reciclado al cemento asfáltico con una dosificación de 0.3%, 0.6% y 0.9%, de los cuales se eligió como la mezcla asfáltica optima con 0.9% de granos de plástico ya que es la que presento mejores resultados, con un contenido óptimo de asfalto de 5.78% y un 4.44% de vacíos, de misma manera el valor de la estabilidad fue de 1429.9 Kg con una diferencia 40.5 kg, respecto a la mezcla convencional que alcanzo un valor de 1389.4 kg. Por otro lado, el flujo alcanzo un valor de 3.61 mm disminuyendo 3% respecto al valor de la mezcla convencional que alcanzo un valor de 3.7mm y el valor de la relación estabilidad/flujo o índice de rigidez alcanzo un valor de 3948.2kg/cm teniendo un incremento de 4.23% respecto al valor de la mezcla convencional que alcanzo un valor de 3788 kg/cm, de esta manera se afirma la mejora en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con granos de plástico reciclado PET.

### 5.3. Determinación del costo de la mezcla asfáltica con la incorporación de granos de caucho

Según Villagaray. (2017). Realizo una comparación de costos de la mezcla convencional y modificada con granos de caucho, en este caso determino que los gránulos de caucho en la mezcla asfáltica como modificador del agregado fino mejoran las propiedades de la mezcla como son la estabilidad, el flujo y el factor de rigidez. De mismo modo realizo una comparación de costos unitarios de la producción de mezcla convencional y modificada con granos de caucho, teniendo como resultado que la producción de mezcla asfáltica patrón tiene un costo de S/. 569.91 y la mezcla modificada con caucho tuvo un costo de S/. 546.47, con una variación de costo de S/. 23.44 el cual equivale a un 4.11%, con lo cual afirmo que al incorporar granos de caucho en la mezcla asfáltica disminuyo el costo en la

producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica y de mismo modo mejoró las propiedades de la mezcla.

La dosificación óptima de granos de caucho disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019. Luego de evaluar las propiedades de la mezcla asfáltica mediante el ensayo Marshall se procedió evaluar la variación del costo de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón y la mezcla asfáltica óptima modificada con 3% de caucho reciclado, tomando en cuenta la cantidad de agregados, cemento asfáltico y granos de caucho usados en la mezcla asfáltica donde se afirma que en la mezcla modificada disminuye el precio respecto a la mezcla patrón.

¿De qué manera la dosificación óptima de granos de caucho influirá en el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019? Luego de la evaluación de las propiedades de la mezcla asfáltica, donde se determinó que las propiedades de la mezcla modificadas mejoran considerablemente respecto a la mezcla convencional, se procedió analizar el costo unitario por la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 3% de granos de caucho reciclado y la mezcla convencional. Como resultado se obtuvo que la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada tienen un costo de S/. 469.28 y la mezcla convencional tiene un costo de S/. 471.58 con una variación de S/. 2.30 por la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica, además la mezcla modificada mejora las propiedades mecánicas de manera considerable respecto a la mezcla patrón ya que la estabilidad aumento un 3%, lo cual garantiza más resistencia de la mezcla asfáltica al ser sometida a cargas repetidas.

#### 5.4. Determinación del costo de la mezcla asfáltica con la incorporación de granos de plástico

Según silvestre Deyvis (2017). En su investigación realizó una comparación de costos de producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica convencional y modificadas con 1% de plásticos PET. Donde obtuvo como resultado que el precio unitario de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla convencional fue S/. 540.12, mientras que el precio unitario en la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 1% de granos



de plástico PET tuvo un valor de S/. 525.89, donde se pudo constatar que existe una disminución de costos con una diferencia de S/. 14.23, el cual equivale una variación de 2.63%. de misma manera garantizando las propiedades de la mezcla asfáltica.

La dosificación óptima de granos de plástico disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019. De misma manera para las mezclas modificadas con plástico reciclado se procedió evaluar la variación del costo de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica patrón y la mezcla asfáltica óptimo modificada con 0.9% de plástico reciclado, donde se rechaza que en la mezcla modificada con plástico disminuye el precio respecto a la mezcla patrón.

¿De qué manera la dosificación óptima de granos de plástico influirá en el costo de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, 2019?. Luego de evaluar las propiedades de la mezcla asfáltica mediante el análisis de datos, donde se determinó que las propiedades de la mezcla modificadas mejoran considerablemente respecto a la mezcla convencional, se procedió analizar el costo de producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 0.9% de granos de plástico reciclado y la mezcla patrón o convencional. Como resultado se obtuvo que la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada tienen un costo de S/. 498.83 y la mezcla convencional tiene un costo de S/. 498.04 con una variación de S/.0.79 por la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica, donde se puede constatar que la producción de mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado incrementa su costo. Sin embargo, la mezcla modificada garantiza la mejora de las propiedades mecánicas de manera considerable respecto a la mezcla convencional ya que la estabilidad aumenta en un 3%, de mismo modo el flujo disminuye en un 3%, con lo cual se garantiza que la mezcla soporta más carga y de igual manera aporta mejor rigidez.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que las mezclas asfálticas modificadas con 3% de granos de caucho y modificadas con 0.9% de plástico reciclado mejoró las propiedades mecánicas como la deformación, durabilidad e índice de rigidez de la mezcla asfáltica respecto a una mezcla asfáltica patrón o convencional. De esta manera mejoró el problema encontrado en la avenida Trapiche-Chillón, que presento inestabilidad y poca durabilidad en la carpeta asfáltica.
- Se determinó que la estabilidad de la mezcla modificada con 3% de granos de caucho reciclado presento un aumento de 3% en comparación con una mezcla asfáltica patrón, lo cual indica que soportara mayor fuerza antes de deformarse. Además, el índice de rigidez disminuye en un 15%, lo cual garantizó una mejor flexibilidad de la mezcla. De mismo modo la durabilidad de la mezcla será mayor ya que presentó un incremento de vacíos llenos de cemento asfaltico en un 4%, de esta manera disminuyendo el contenido de vacíos de aire o huecos, lo cual evita que el agua y el aire entren fácilmente al pavimento.
- Se determinó que la estabilidad de la mezcla modificada con 0.9% de granos de plástico reciclado presento una mejora de 3% respecto a la mezcla patrón, de misma manera el índice de rigidez aumento en un 4%, ya que el flujo disminuyo en un 2%, lo cual garantiza que aparte de resistir más cargas, la mezcla tendrá una mayor rigidez. Aunque la mezcla presentó una disminución de vacíos llenos de C.A, esta se encuentra dentro de lo permitido. de esta manera cumplió los requisitos mínimos del manual de la MTC EG -2013.
- El costo en la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 3% de granos de caucho reciclado fue de S/. 469.28 y el costo de la mezcla convencional fue de S/. 475.3, Se determinó que la mezcla modificada presento un ahorro de S/. 2.30 por la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla. Además, presentó mejoras en las propiedades de la mezcla, aumentando la estabilidad y la durabilidad.

- El costo de la producción de 1m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica modificada con 0.9% de granos de plástico presentó un costo de S/. 498.04 y la mezcla convencional tuvo un costo de S/. 498.83, con lo cual se determinó que la mezcla modificada presentó un incremento de S/. 0.79. Sin embargo, las propiedades de la mezcla modificada tuvieron mejores resultados en la estabilidad y fluidez, por lo cual garantiza la durabilidad de la mezcla.
- Los demás porcentajes de 6% y 9% de granos de caucho no presentaron mejores resultados, por lo cual se tuvieron que descartar ya que no cumplan con los estándares mínimos del manual de la MTC 2013. Mientras que los porcentajes de 0.3% y 0.6% de granos de plástico reciclado no presentaban una variación considerable respecto a los valores de la mezcla convencional por lo cual fueron descartadas. Sin embargo, cumplían los requisitos mínimos del manual de la MTC 2013.

## VII. RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados obtenidos se recomienda utilizar las mezclas asfálticas con la incorporación de granos de caucho y plástico ya que presentan mejores resultados en la deformación, flexibilidad e índice de rigidez respecto a una mezcla convencional. Además, se disminuyó la contaminación del medio ambiente con el uso responsable de estos materiales y se mejoró las propiedades de la mezcla.
- Para realizar la producción de mezcla asfáltica modificadas con granos de plásticos y caucho reciclado es necesario trabajar a temperaturas mayores de 145 °C y con el uso de mezcladoras mecánicas para garantizar la mezcla homogénea con el cemento asfáltico.
- Para incorporar los granos de caucho y los granos de plástico reciclado al cemento asfáltico no deben contener impurezas orgánicas ya que podrían cambiar sus propiedades y no tener una mezcla homogénea con el asfalto, por lo que se debe lavar después de su reciclado antes de incorporar al cemento asfáltico.
- Seguir la investigación con porcentajes menores al 4% de granos de caucho respecto a la masa del cemento asfáltico y con una granulometría de granos de caucho menores al tamiz N.º 10, con el fin de mejorar el valor del flujo de la mezcla asfáltica.
- Para las mezclas modificadas con granos de plástico seguir investigaciones con porcentajes mayores al 1% y menores que 6% respecto a la masa del cemento asfáltico con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica y la disminución de costo en su producción.

## REFERENCIAS

AHMED Zainab. Effect of high temperature and traffic loading on rutting performance of flexible pavement. Journal of King Saud University – Engineering Sciences. [en línea]. Abril 2018. [Fecha de consulta: 25 de Septiembre del 2019]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363917303689>

AIMACAÑA IZA, Juan. ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESION DE PAVIMENTOS A BASE DE POLIMEROS Y PAVIMENTOS FLEXIBLES TRADICIONALES [en línea]. Tesis para titulación inédita. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017. [fecha de consulta 24 de agosto]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25265/1/Tesis%201114%20-%20Aimaca%C3%B1a%20Iza%20Juan%20Carlos.pdf>

ALIAGA, Yessenia. Aplicación del caucho reciclado para la mejora de las propiedades de la carpeta asfáltica en pavimentación de la Av. Bertello [en línea]. Tesis de titulación inédita. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017. [fecha de consulta 14 de agosto]. Disponible en:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/21730>

ALSAIF, Abdulaziz y otros. Mechanical performance of Steel fibre reinforced rubberized concrete for flexible concrete pavements. Construction and Building Materials. [en línea]. Mayo 2018. [Fecha de consulta: 26 de septiembre del 2019]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818308006>

ARIAS, Geoge y Otros. Mezclas asfálticas [en línea]. 2013. Disponible en: <https://es.slideshare.net/leonel321/mezclas-asfalticas-2>

BAUR Erwin. y OSSWALD Natalie. Plastic Materials. Plastics handbook. [en línea]. Mayo 2017. [Fecha de consulta: 28 de septiembre del 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9781569905593/plastics-handbook>

BESKOU Nike, [et al.]. Fatigue cracking failure criterion for flexible pavements under moving vehicles. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. [En línea]. Noviembre 2016. [Fecha de consulta: 26 de septiembre del 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726116302822>

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012.

CAREAGA, Juan. Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes. México, 1993. Disponible en: <https://books.google.com.pe>

CASTRO Vanessa, proceso de producción de grano de caucho reciclado. [en línea]. Mecánica blog. [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2019].

Disponible en: <https://ingenieriamecanicacol.blogspot.com/2016/12/proceso-de-produccion-de-grano-de.html>

CERVERA BORJA, Cesar. Influencia de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de los neumáticos [en línea]. Tesis para titulación inédita. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2016. [fecha de consulta 14 de agosto]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11537/11236>

CHAVEZ Francisco. Laboratory evaluation of the mechanical properties of asphalt mixtures with rubber incorporated by the wet, dry, and semi-wet process. Construction and Building Materials. [en línea.]. Abril 2019. [Fecha de consulta: 07 de octubre del 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819301916>

CORROS, Maylin, URBAEZ, Ernesto y CORREDOR, Gustavo. Diseño de pavimentos y evaluación de pavimentos Investigación [en línea]. Tesis para Maestría en vías terrestres. Venezuela: INVEAS, 2009. Disponible en: [https://www.academia.edu/37177464/Manual\\_de\\_evaluacion\\_de\\_pavimentos](https://www.academia.edu/37177464/Manual_de_evaluacion_de_pavimentos)

DE SOLMINIHAC, Hernán, ECHAVEGUREN, Tomas y CHAMORRO, Alondra. Gestión de infraestructura vial [en línea]. 3ª ed. Chile: ediciones uc.cl, 2018 [fecha de consulta 11 de septiembre 2019]. ISBN 978-956-14-2300-8.

FLORES MEDINA, Neson. Composites with recycled rubber aggregates: properties and opportunities in construction and building materials. [En línea] noviembre 2018. [Fecha de consulta: 26 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818320105>

FLORES PEREZ, Jhon. Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda [en línea]. Tesis de titulación inédita. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018. [fecha de consulta 11 de agosto]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25348>

GUAMANQUISPE VACA, Fernanda. ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MEZCLAS ASFALTICAS CON ADICION DE CAUCHO DE LLANTA RECICLADO [en línea]. Tesis para titulación inédita. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017. [fecha de consulta 25 de agosto]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25156>

HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. 6ª ed. México: MCGRAW-WILL/ INTERAMERICANA EDITORES, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0

HUERTAS CADENA, Guillermo y CAZAR RUIZ, Juan. Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante AC-20. Universidad de las fuerzas armadas -ESPE [en línea.]. Noviembre 2016 [Fecha de consulta: 04 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8379>

JOAQUIM DE ALMEIDA, Adosindro, GLICERIO TRICHES, Leto y SHINOHARA Keyla. Evaluation of the influence of water and temperature on the rheological behavior and resistance to fatigue of asphalt mixture. Construction and Building Materials [en línea]. Enero 2018. [fecha de consulta 16 de septiembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817320603>

MACIAS IGLESIAS, José. MATLAB: Una introducción con ejemplos prácticos. 2<sup>da</sup> ed. España: REVERTE, 2005. ISBN: 84-291-5035-8

MARTINEZ, Gonzalo y otros. Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción [en línea]. 1<sup>a</sup> ed. Cité verte: OmniaScience, 2015 [fecha de consulta 02 de septiembre 2019]. ISBN 978-84-943418-0-9. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=JI4wBwAAQBAJ&pg=PA100&dq=PROPIEDADES+DEL+PET&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjM7K6Y7bvpAhWIH7kGHay3Dg8Q6AEIJjAA#v=onepage&q=PROPIEDADES%20DEL%20PET&f=false>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES [en línea] [fecha de consulta: 14 de septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.gob.pe/mtc>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Manual de carreteras y diseño geométrico DG [en línea.]. Perú: 2018.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Especificaciones técnicas generales para construcción EG [en línea.]. Perú: 2013.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Manual de ensayos de materiales [en línea]. Perú: 2016. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos: evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías [en línea]. 3<sup>a</sup> ed. Bogotá: Universidad católica de Colombia, 2006 [fecha de consulta 12 de septiembre 2019]. ISBN 9789589784006. Disponible en:

MONTENEGRO, Sara. Geografía del Perú [en línea]. 1<sup>a</sup> ed. Lima: Universidad Alas Peruanas, 2014 [fecha de consulta 10 de octubre 2019]. ISBN 978-612-4097-73-9.

MOSTAFA Vamegh, MAHMOUD Amerl y Ceyed CHAVOSHLAN. *Performance evaluation of fatigue resistance of asphalt mixtures modified by SBR/PP polimer blends and SBS* [en línea.]. Marzo 2019 [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819305938>

OLIVARES, Daniel. Planta de reciclaje de neumáticos de caucho comercialización de miga de caucho [en línea]. Tesis para magister inédita. Universidad de Chile,

Antofagasta, 2016. [fecha de consulta 14 de septiembre]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140906/Olivares%20Carmona%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMIREZ LOPEZ, Daniela, Alberto José VIDAL y Jhon Alexander GRAJALES. INCORPORACION DE TEREFTALATO DE POLIETILENO COMO AGENTE MODIFICADOR EN EL ASFALTO [en línea]. Tesis para titulación inédita. Pontificia Universidad Javeriana Cali, Cali, 2014. [fecha de consulta 19 de agosto]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11522/3145>

REVELO CORELLA, Mary. Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente Modificadas con Elastómero (caucho) y Tereftalato de Polietileno reciclados con Ligante Asfáltico AC-20. Universidad de las fuerzas armadas -ESPE [en línea.]. Noviembre 2014 [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9735>

RICO, Alfonso. La ingeniería de suelos en las vías terrestres 2: Carreteras, ferrocarriles y autopistas [en línea]. Vol. 2. México: Limusa, 2005 [fecha de consulta 01 de septiembre 2019]. ISBN 968-18-0079-6. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=d042vJAKVK8C&pg=PA225&dq=pavimentos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjchYmirzAhVjI7kGHbV3BDoQ6AEIQjAD#v=onepage&q=pavimentos&f=false>

RONDON QUINTANA, Hugo y REYES LIZCANO, Fredy. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño [en línea]. 1ª ed. Bogotá: Eco ediciones, 2015 [fecha de consulta 10 de septiembre 2019]. ISBN 978-958-771-176-9. Disponible en:

SILVESTRE VELASQUEZ, Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado [en línea]. Tesis de titulación inédita. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017. [fecha de consulta 12 de agosto]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1506>

SINGH Dharamveer y GIRIMATH Shashibhushan. Toward utilization of ground tire rubber and reclaimed pavement materials with asphalt binder: performance evaluation using essential work of fracture. Sciencedirect [en línea]. Noviembre 2018. [Fecha de consulta: 17 de octubre del 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681417301748>

SOLANKI Pranshoo y ZAMAN Musharraf. Desing of semi-rigid type of flexible pavements. ScienceDirect [en línea]. Marzo 2017. [Fecha de consulta: 30 de septiembre del 2019].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1996681416301110>

VALDERRAMA MENDOZA, Santiago. PASOS PARA ELABORAR PROYECTOS Y TESIS DE INVESTIGACION CIENTIFICA. 1ª ed. Lima: Editorial San Marcos, 2007. Pág. 23. ISBN: 978-9972-38-041-9



VALVERDE VALDERRAMA, Jhan. Influencia del tamaño de partículas de hule reciclado en las propiedades mecánicas del pavimento asfáltico modificado [en línea]. Tesis de titulación inédita. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018. [fecha de consulta 12 de agosto]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/26372>

VAMEGH Mostafa, [et al.]. Performance evaluation of fatigue resistance of asphalt mixtures modified by SBR/PP Polymer blends and SBS. Construction and Building Materials [en línea.]. Junio 2019. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819305938>

VEGA, Danilo. Análisis del comportamiento a compresión del asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico [en línea]. Tesis de titulación inédita. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016. [fecha de consulta 17 de octubre]. Disponible en:

VILLAGARAY MEDINA, Edwin. APLICACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA EL TRANSITO VEHICULAR DE LA AVENIDA TRAPICHE-COMAS [en línea]. Tesis de magister inédita. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017. [fecha de consulta 12 de agosto]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1535>

WANG Yong, [et al.]. Modeling compressive strength of cement asphalt composite based on pore size distribution. Construction and Building Materials [en línea.]. Septiembre 2017. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181731190X>

ZUÑIGA, Rosa. Mezcla asfáltica en caliente [en línea]. Laboratorio nacional de vialidad, Lima: MOP, 2015. Disponible en: <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezcla>

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de operacionalización

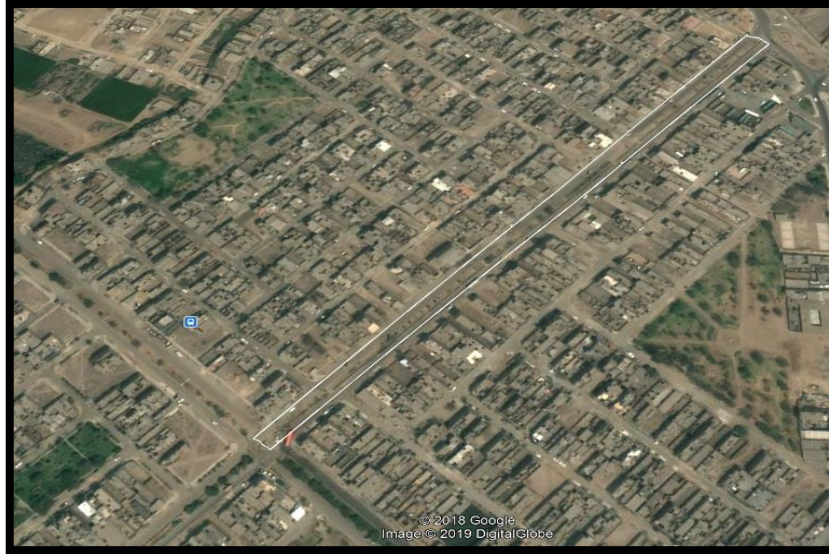
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°1</b>	Es el material que es obtenido mediante la trituración de llantas usadas desechadas de vehículos y de misma forma los granos de plástico son obtenidos de la trituración de botellas de plástico	La incorporación del grano de caucho y grano de plástico reciclado a la mezcla asfáltica serán en base de granos y cantidad de incorporación	Dosificación	3%	NOMINAL
Incorporación de grano de caucho				6%	
				9%	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°2</b>			Dosificación	0.3%	
Incorporación de grano de plástico	0.6%				
	0.9%				
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	Resistencia mecánica se define como la capacidad de resistir las cargas aplicadas a sus piezas, y estas soportan sin romperse.	Es la capacidad de presentar mayor durabilidad y no deformarse al recibir cargas que actúan sobre la capa asfáltica	Durabilidad	Contenido de asfalto (%)	NOMINAL
Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica				Vacíos (%)	
				Vacíos llenos de C.A (%)	
			Deformación	Flujo (mm)	
				Estabilidad (kg)	
				Relación estabilidad/flujo (kg/cm)	
Costo	Directo (S/.)				

Anexo 2: Matriz de consistencia

Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2020

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera influirá la Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2020?	Determinar cómo influye la Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2020	Mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica con la incorporación del grano de caucho y plástico reciclado en la av. Trapiche-Chillón, 2020	VI: Incorporación de grano de caucho	Dosificación	3%	<b>Método</b> Científico  <b>Enfoque</b> Cuantitativo  <b>Tipo</b> Aplicada  <b>Nivel</b> Explicativo  <b>Diseño</b> Experimental  <b>Muestra</b> Briquetas  <b>Técnica</b> Observación de datos
					6%	
					9%	
			VI: Incorporación de grano de plástico	Dosificación	0.3%	
					0.6%	
					0.9%	
¿De qué manera la dosificación optima de granos de caucho influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020?	Determinar la dosificación optima de granos de caucho que mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020	La dosificación optima de granos de caucho mejorara el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020	VD: Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica	Durabilidad	Contenido de asfalto (%)	
¿De qué manera la dosificación optima de granos de plástico influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020?	Determinar la dosificación optima de granos de plástico que mejorará el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020	La dosificación optima de granos de plástico mejorara el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020			Vacios (%)	
Vacios llenos de C.A (%)						
¿De qué manera la dosificación optima de granos de caucho influirá en el costo de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020?	Determinar si la dosificación optima de granos de caucho disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020	La dosificación optima de granos de caucho disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020			Deformación	Flujo (mm)
¿De qué manera la dosificación optima de granos de plástico influirá en el costo de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020?	Determinar si la dosificación optima de granos de plástico disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020	La dosificación optima de granos de plástico disminuirá el costo de la mezcla asfáltica en la Av. Trapiche-Chillón, 2020				Estabilidad (kg)
Relación estabilidad/flujo (kg/cm)						
				Costo	Directo (S./.)	

*Anexo 3: Ubicación del estudio*



*Avenida Trapiche-Chillón*

Anexo 4: Reporte de ensayos de calidad de materiales

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		Fecha efectiva:		Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		Reemplaza edición de:		Enero 2014	
NOMBRE DE PRODUCTO							
ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN							
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO				
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO			
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49			
VOLATILIDAD							
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228			
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48			
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51			
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44			
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA							
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179			
Pérdida por calentamiento, % masa	0.8						
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49			
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-51			
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0			Francés RLB		
FLUIDEZ							
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201			
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201			
REQUERIMIENTO GENERAL:							
		El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.					
OBSERVACIONES:							
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.							





**REPORTE DE ENSAYO**

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL MUESTRA : Agregados  
 PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 y 370 kg  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21. FECHA ENSAYO : 2 020.02.21.

MALLAS		DENOMINACIÓN	Piedra chancada		Arena chancada				
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)	RET (%)	PASA (%)			
3"	76.200	MTC E-204 (2 016)							
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050				100				
1/2"	12.700			34	66				
3/8"	9.525			31	35				
1/4"	6.350			29	6				
N° 4	4.760			6	-		100		
N° 6	3.360					8	92		
N° 8	2.380					13	79		
N° 10	2.000					5	74		
N° 16	1.190					16	58		
N° 20	0.840					8	50		
N° 30	0.590					9	41		
N° 40	0.426					7	34		
N° 50	0.297					5	29		
N° 80	0.177					7	22		
N° 100	0.149					3	19		
N° 200	0.074				6	13			
- N° 200	-	MTC E-202 (2 016)			13	-			
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		MTC E-110 (2 016)	--		--				
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		MTC E-111 (2 016)	--		--				
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)	--		N.P.				
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 200)		MTC E-110 (2 016)	--		23				
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 200)		MTC E-111 (2 016)	--		--				
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)	--		N.P.				

*J.C. FLORESC.*  
 J.C. FLORESC.  
 Jefe del Control de Calidad



ING. RESPONSABLE  
 Lima, 11 de Marzo de 2 020





PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL

MUESTRA : Agregado

PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019"

CANTIDAD : 370 kg

FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21.

FECHA DE ENSAYO : 2 020.02.21.

MTC E-114 (2 016) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (\*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra chancada	71



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020

(2/10)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac\_dee@mtc.gob.pe





### REPORTE DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL      **MUESTRA** : Agregados  
**PROYECTO** : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019"      **CANTIDAD** : 370 kg  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2 020.02.21.      **FECHA DE ENSAYO** : 2 020.02.24.

**MTC E-213 (2 016)**      **AGREGADOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR CUALITATIVAMENTE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO (\*)**

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (Número de Placa Orgánica del 1 al 5) **	INTERPRETACIÓN DE RESULTADO (Presencia cualitativa de impurezas orgánicas)
Arena chancada	Grado "1"	Aceptable



**ING. RESPONSABLE**  
Lima, 11 de Marzo de 2 020



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL MUESTRA : Agregado  
PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 370 kg  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21. FECHA DE ENSAYO : 2 020.02.20 al 21.

MTC E-205 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (\*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Arena chancada	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,598
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,632
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,688
	Absorción (%)	1,28



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020





PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL MUESTRA : Agregado  
PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21. FECHA DE ENSAYO : 2 020.02.20 al 21.

MTC E-206 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (\*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Piedra chancada	Peso específico bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,660
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2,686
	Peso específico aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2,730
	Absorción (%)	0,96



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020

(6/10)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Telf.: (051) 481-3707

email: mac\_dee@mtc.gob.pe





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL

MUESTRA : Agregados

PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019"

CANTIDAD : 339 y 370 kg

FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21.

FECHA DE ENSAYO : 2 020.02.26 al 2 020.03.06.

MTC E-209 (2 016) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (\*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra chancada	Pérdida o desgaste del agregado grueso	1,3
Arena chancada	Pérdida o desgaste del agregado fino	6,3



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020

(4/10)



LABORATORIO



CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Telf.: (051) 481-3707

email: mac\_dee@mtc.gob.pe



**REPORTE DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL **MUESTRA** : Agregados  
**PROYECTO** : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019" **CANTIDAD** : 339 kg  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2 020.02.21. **FECHA DE ENSAYO** : 2 020.02.21.

**MTC E-207 (2 016)** **AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (\*)**

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Piedra chancada	Tamaño Máximo Nominal: ½"	15
	Gradación: "B"	
	Número de Esferas: 11	



**ING. RESPONSABLE**  
Lima, 11 de Marzo de 2 020



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL

MUESTRA : Agregado

PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019"

CANTIDAD : 339 kg

FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21.

FECHA DE ENSAYO : 2 020.02.23 al 24

NTP 400.040 (2 015) AGREGADOS. PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO (\*)

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra chancada	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	3,2



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020

(9/10)



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac\_dee@mtc.gob.pe



### REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL MUESTRA : Agregado  
PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21. FECHA DE ENSAYO : 2 020.02.23 al 24

**MTC E-210 (2 016) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO**

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra chancada	Partículas con una ó más caras de fractura	92.5
	Partículas con dos ó más caras de fractura	55.6



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020







PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : BENITES CRUZ, YOSSMEL PASCUAL MUESTRA : Agregados  
PROYECTO : Tesis "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 y 370 kg  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.02.21. FECHA DE ENSAYO : 2 019.08.19 al 21.

MTC E - 212 (2 016) TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (\*)

IDENTIFICACIÓN	MUESTRA	RESULTADO (%)
Piedra chancada	Agregado grueso	0,830
Arena chancada	Agregado fino	0,100



ING. RESPONSABLE  
Lima, 11 de Marzo de 2 020

(3/10)



LABORATORIO CEE



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Telf.: (051) 481-3707

email: mac\_dee@mtc.gob.pe





PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**SOLICITANTE** : SR. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL      **MUESTRA** : Agregados y asfalto.  
**PROYECTO** : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica Avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019".      **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
: 339 - 370 kg y 02 gl.      **CANTIDAD** : 339 - 370 kg y 02 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE INICIO** : 26/02/2020.      **FECHA DE ENSAYO** : Febrero - Marzo.

#### MTC E - 517 \*      CUBRIMIENTO DE LOS AGREGADOS CON MATERIALES ASFÁLTICOS (INCLUYE EMULSIONES) EN PRESENCIA DEL AGUA (STRIPPING) MEZCLAS ABIERTAS Y/O T.S.

IDENTIFICACIÓN	REVESTIMIENTO (%)	CUBRIMIENTO (%)
Piedra Chancada (Cantera SEOGIN)	100	+ 95

**Tipo de asfalto:** Cemento Asfáltico PEN PEN 60/70 .

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en el Manual de Ensayo de Materiales - MTC. (Edición Mayo del 2016).
- Muestras proporcionadaa e identificadas por el solicitante.
- Los resultados sólo están relacionados a los ítems ensayados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Ing. Erika Valladares Alarcón

Lima, 12 de junio del 2020



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac\_dee@mtc.gob.pe

### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**SOLICITANTE** : SR. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. **MUESTRA** : Agregados y asfalto.

**PROYECTO** : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica Avenida Trapiche - Chillón, Lima 2019". **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 339 - 370 kg y 02 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE INICIO** : 26/02/2020. **FECHA DE ENSAYO** : Febrero - Marzo.

**MTC E 220 (2000)\* ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL WEBER)**

IDENTIFICACIÓN	ADITIVO (% en peso del asfalto)	RESULTADO (GRADO)
		Desprendimiento Parcial - Desprendimiento Total
Arena Chancada (Cantera SEOGIN)	Sin aditivo	0 - 8
	0,50%	2 - 10

**Tipo de asfalto:** Cemento asfáltico PEN 60/70.

**Tipo de aditivo:** Mejorador de Adherencia tipo amina.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en el Manual de Ensayo de Materiales - MTC. (Edición Mayo del 2016).
- Muestras porporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Los resultados sólo están relacionados a los ítems ensayados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



  
**Ing. Erika Valladares Alarcón**  
 Lima, 12 de junio del 2020

Anexo 5: Reporte de ensayos para mezcla asfáltica convencional y modificada con granos de caucho



**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \***

**ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica Convencional			PROMEDIO
		1	1A	1B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,3			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,31	6,35	6,21	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1200,0	1203,4	1203,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1203,8	1207,0	1205,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	692,4	692,0	701,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3,8	3,6	1,2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	511,4	515,0	503,8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,74	0,70	0,24	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,346	2,337	2,389	2,358
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,571			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8,7	9,1	7,1	8,3
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	14,4	14,8	12,9	14,0
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	39,4	38,4	45,3	41,0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,773			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	2,14			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,36			
25	FLUJO (mm)	3,0	3,3	3,3	3,2
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1226,4	1101,2	1064,0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1226,0	1101,0	1107,0	1145,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4022,3	3334,3	3352,5	3570,0



Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel. : 481-3707

Fax : 481-0677



**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ Y OSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica Convencional			PROMEDIO
		2	2A	2B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,0			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,26	6,36	6,24	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1209,6	1213,2	1212,4	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1211,0	1215,0	1213,2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	703,2	699,0	707,0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,4	1,8	0,8	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	507,8	516,0	506,2	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,28	0,35	0,16	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,382	2,351	2,395	2,376
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,528			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	5,8	7,0	5,3	6,0
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	13,6	14,7	13,1	13,8
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	57,6	52,4	59,8	56,6
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,745			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,77			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,23			
25	FLUJO (mm)	3,8	3,6	3,6	3,6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1351,0	1180,1	1410,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,00	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1405,0	1180,0	1467,0	1351,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3687,7	3318,3	4125,4	3710,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020





### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica Convencional			PROMEDIO
		3	3A	3B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,70			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,24	6,20	6,20	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1217,8	1218,4	1218,0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1218,6	1218,8	1218,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	712,9	716,0	716,0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,8	0,4	0,6	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	505,7	502,8	502,6	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,16	0,08	0,12	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,408	2,423	2,423	2,418
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,512			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,1	3,5	3,5	3,7
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	13,1	12,6	12,6	12,8
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	68,5	72,0	72,0	70,8
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,750			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,84			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,66			
25	FLUJO (mm)	4,1	3,8	4,1	4,0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1175,5	1529,9	1561,9	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1222,0	1591,0	1624,0	1479,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3006,9	4175,9	3996,1	3726,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica Convencional			PROMEDIO
		4	4A	4B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,4			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,21	6,18	6,23	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1221,4	1221,4	1223,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1221,6	1221,8	1224,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	718,0	720,6	718,6	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,2	0,4	0,2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	503,6	501,2	505,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,04	0,08	0,04	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,425	2,437	2,421	2,428
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,487			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2,5	2,0	2,6	2,4
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	13,0	12,5	13,1	12,9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	80,9	83,9	79,8	81,5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,743			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,74			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,26			
25	FLUJO (mm)	3,8	4,3	4,6	4,2
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1401,6	1548,2	1488,7	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1458,0	1610,0	1548,0	1539,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3826,8	3728,6	3385,8	3647,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020





**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ Y OSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica Convencional			PROMEDIO
		5	5A	5B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,1			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,25	6,18	6,24	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1226,8	1223,4	1226,2	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1227,2	1223,6	1226,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	720,2	722,4	720,8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,4	0,2	0,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	507,0	501,2	505,8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,08	0,04	0,08	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,420	2,441	2,424	2,428
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,474			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2,2	1,3	2,0	1,8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	13,6	12,9	13,5	13,3
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	83,9	89,6	85,1	86,2
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,751			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,85			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,65			
25	FLUJO (mm)	4,6	5,1	4,6	4,7
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1442,9	1575,6	1539,0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1501,0	1639,0	1601,0	1580,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3283,0	3226,4	3501,7	3337,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

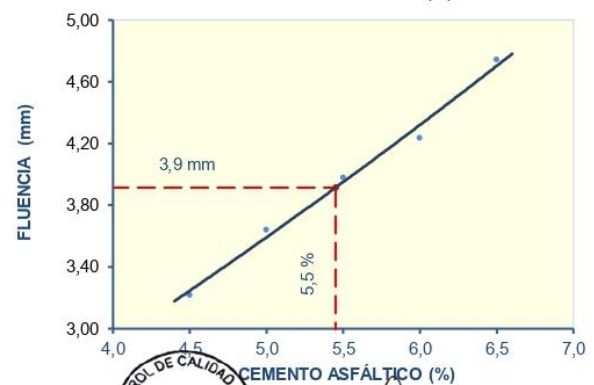
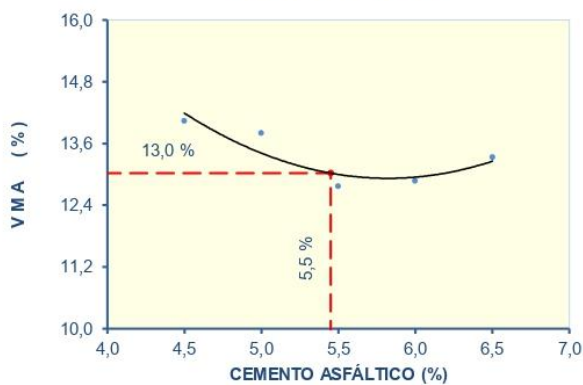
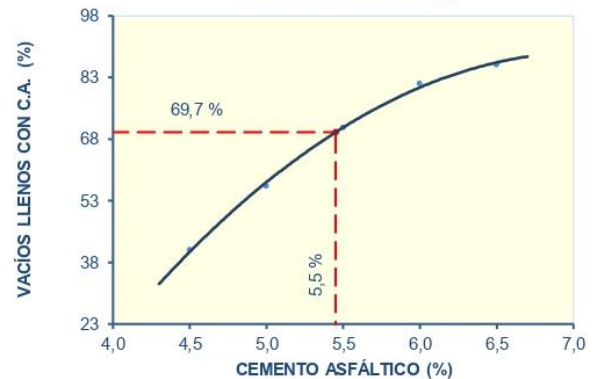
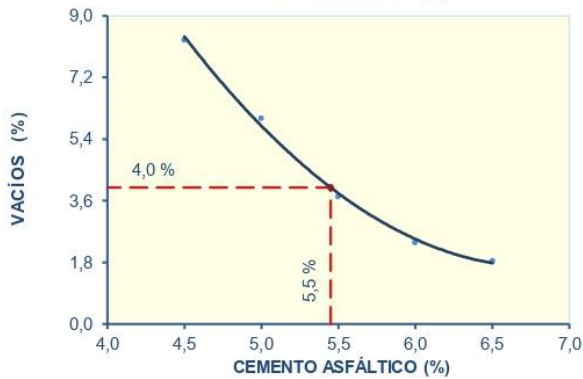
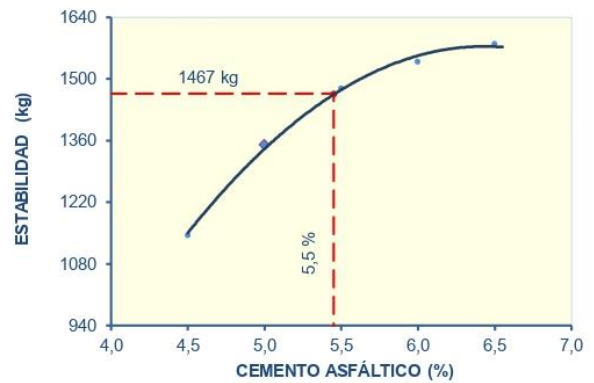
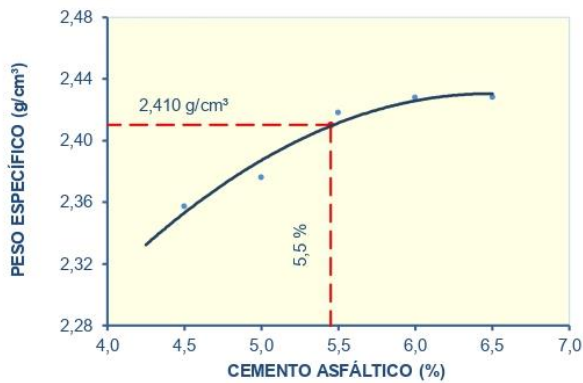




### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ Y OSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

#### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



Ing. Erika Valladares Alarcón  
Lima, 12 de junio del 2020





## REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

#### Características de la Mezcla :

	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
- Nº de golpes por cara	:					75
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,3				5,5
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,401		2,410		2,417
- Vacíos, %	:	4,7		4,0		3,3
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	64,6		69,7		74,2
- V.M.A., %	:	13,2		13,0		12,9
- Estabilidad, kg (kN)	:	1415,7	(13,883)	1466,8	(14,384)	1504,8 (14,757)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	3,8	(14,8)	3,9	(15,4)	4,1 (16,0)
- Absorción de Asfalto, %	:			1,87		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	3755,0	(9,0)	3748,0	(9,0)	3706,0 (9,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145		

#### Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	40,0
(2) Agregado fino, % **	:	60,0
(3) Polvo de Caucho, % **	:	--
(4) Aditivo, % ***	:	0,5

#### Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70 Convencional
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "Seoing"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "Seoing"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Tipo Amina"

#### Nota :

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

#### Observaciones :

Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.



  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 3 % Caucho			PROMEDIO
		6	6A	6B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,6			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,42	6,33	6,41	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1196,6	1190,6	1199,4	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1199,4	1193,0	1201,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	679,0	680,0	681,6	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2,8	2,4	1,6	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	520,4	513,0	519,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,54	0,47	0,31	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,299	2,321	2,309	2,310
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,551			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9,9	9,0	9,5	9,5
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,7	14,9	15,4	15,3
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	37,2	39,5	38,4	38,4
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,724			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,49			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,51			
25	FLUJO (mm)	3,6	3,6	3,8	3,6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1217,2	1180,1	1203,3	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1217,0	1180,0	1203,0	1200,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3422,4	3318,3	3157,5	3299,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 3 % Caucho			PROMEDIO
		7	7A	7B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,3			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,40	6,43	6,36	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1203,0	1204,4	1206,0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1206,8	1210,4	1208,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	687,6	689,2	692,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3,8	6,0	2,0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	519,2	521,2	515,8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,73	1,15	0,39	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,317	2,311	2,338	2,322
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,521			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8,1	8,3	7,3	7,9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,5	15,7	14,7	15,3
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	47,8	46,9	50,7	48,5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,712			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,33			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,17			
25	FLUJO (mm)	4,3	4,1	4,1	4,1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1304,9	1226,4	1272,6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1305,0	1226,0	1273,0	1268,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3022,2	3016,7	3132,4	3057,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 3 % Caucho			PROMEDIO
		8	8A	8B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,00			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,00			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,41	6,42	6,27	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1211,8	1210,2	1211,0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1214,4	1213,6	1212,2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	694,8	693,0	703,8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2,6	3,4	1,2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	519,6	520,6	508,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,50	0,65	0,24	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,332	2,325	2,382	2,346
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,503			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6,8	7,1	4,8	6,3
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,4	15,7	13,6	14,9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	55,7	54,6	64,5	58,3
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,714			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,35			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,65			
25	FLUJO (mm)	4,3	4,3	4,3	4,3
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1461,2	1461,2	1433,7	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1461,0	1461,0	1491,0	1471,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3383,5	3383,5	3453,0	3407,0



Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 3 % Caucho			PROMEDIO
		9	9A	9B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,8			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,7			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,30	6,38	6,34	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1216,2	1215,8	1219,6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1217,0	1217,2	1220,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	706,6	700,0	706,8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,8	1,4	1,0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	510,4	517,2	513,8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,16	0,27	0,19	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,383	2,351	2,374	2,369
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,464			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3,3	4,6	3,7	3,9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	14,0	15,2	14,4	14,5
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	76,5	69,7	74,5	73,6
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,689			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,01			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,49			
25	FLUJO (mm)	4,6	4,6	4,6	4,6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1484,1	1484,1	1502,5	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1484,0	1484,0	1502,0	1490,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3245,8	3245,8	3285,2	3259,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 3 % Caucho			PROMEDIO
		10	10A	10B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,4			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,27	6,32	6,34	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1221,2	1221,2	1222,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1221,6	1221,6	1224,2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	713,0	709,6	709,8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,4	0,4	1,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	508,6	512,0	514,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,08	0,08	0,27	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,401	2,385	2,377	2,388
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,458			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2,3	3,0	3,3	2,9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	13,8	14,4	14,7	14,3
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	83,3	79,4	77,6	80,1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,706			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,23			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,77			
25	FLUJO (mm)	4,8	5,1	5,1	5,0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364,8	1364,8	1387,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1419,0	1365,0	1388,0	1391,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2940,3	2687,0	2732,3	2787,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

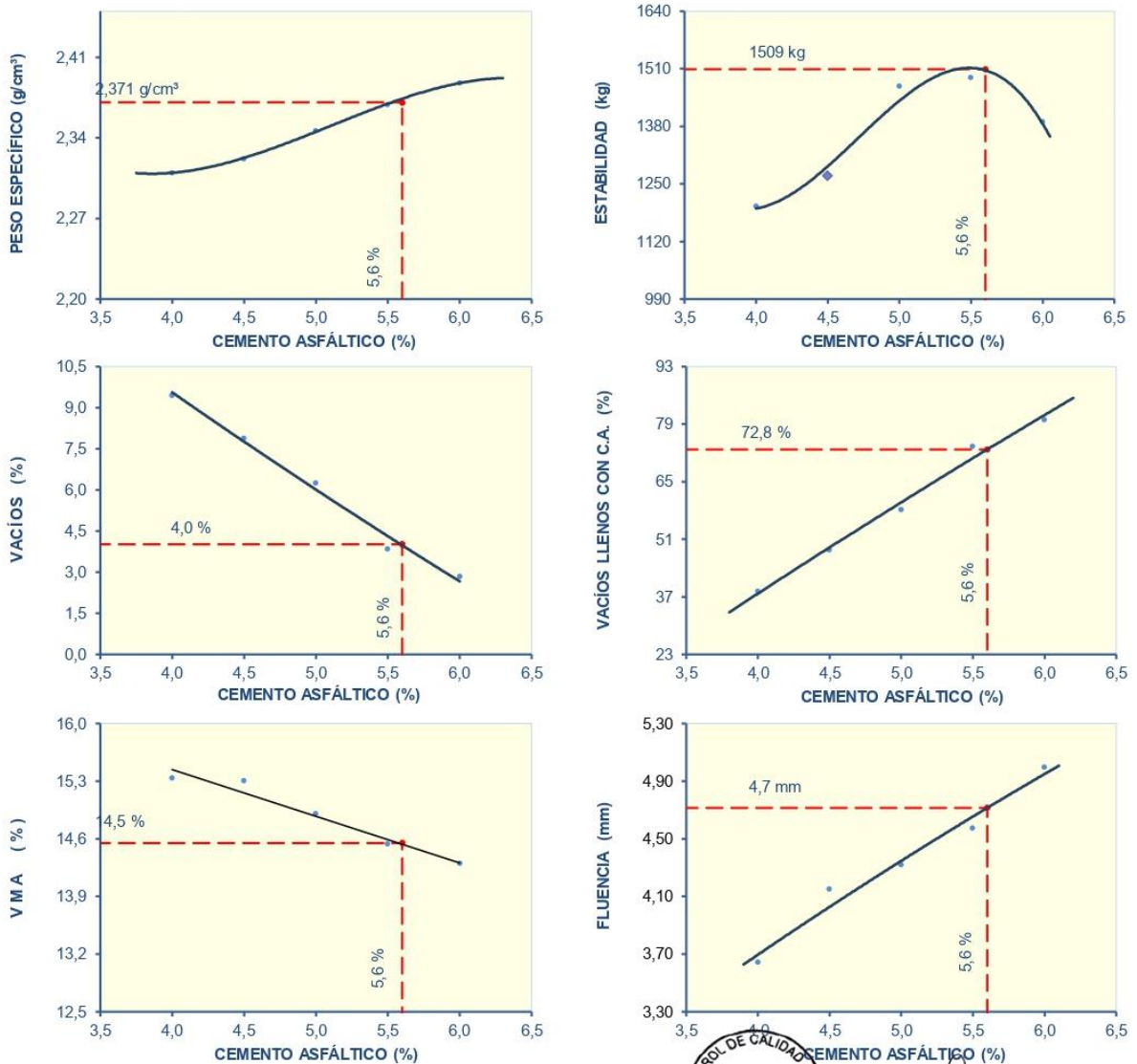




### SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01

SOLICITANTE	: Sr. BENITES CRUZ Y OSSMEL.PASCUAL.	MUESTRA	: Agregados y asfalto.
PROYECTO	: Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica.
FECHA DE INICIO	: 26.02.2020	CANTIDAD	: 339 kg - 370 kg y 02 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
		FECHA TÉRMINO	: Febrero - Marzo 2020.

#### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



Ing. Erika Valladares Alarcón  
Lima, 12 de junio del 2020





**SUPLEMENTO AL INFORME DE ENSAYO N° 316 - 2016- MTC/14.01**

SOLICITANTE	: Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PA SCUAL.	MUESTRA	: Agregados y asfalto.
PROYECTO	: Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica.
FECHA DE INICIO	: 26.02.2020	CANTIDAD	: 339 kg - 370 kg y 02 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
		FECHA TÉRMINO	: Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

**Características de la Mezcla :**

		<b>MEZCLA ASFÁLTICA + 3% DE CAUCHO.</b>			
- N° de golpes por cara	:		75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,4	5,6	5,8	
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,362	2,371	2,380	
- Vacíos, %	:	4,6	4,0	3,3	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	68,6	72,8	77,1	
- V.M.A., %	:	14,7	14,5	14,4	
- Estabilidad, kg (kN)	:	1462,6	(14,344)	1509,2	(14,800) 1439,9 (14,121)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	4,6	(18,1)	4,7	(18,6) 4,8 (19,0)
- Absorción de Asfalto, %	:			1,28	
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	3184,0	(8,0)	3201,0	(8,0) 2979,0 (7,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % **	:	40,0
(2) Agregado fino, % **	:	60,0
(3) Polvo de Caucho, % **	:	-,-
(4) Aditivo, % ***	:	0,5

**Materiales :**

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70 + 3% de Caucho
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "Seoing"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "Seoing"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Tipo Amina"

**Nota :**

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

**Observaciones :**

Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020





**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \***

**ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 6% Caucho			PROMEDIO
		12	12A	12B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,3			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,43	6,45	6,42	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1202,6	1202,6	1202,0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1205,0	1205,6	1204,5	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	683,4	682,6	684,1	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2,4	3,0	2,5	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	521,6	523,0	520,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,46	0,57	0,48	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,306	2,299	2,310	2,305
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,523			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8,6	8,9	8,5	8,6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,9	16,2	15,8	16,0
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	45,8	45,3	46,5	45,9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,715			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,36			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,14			
25	FLUJO (mm)	3,8	4,1	3,8	3,9
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1240,3	1203,3	1226,4	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1240,0	1203,0	1226,0	1223,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3254,6	2960,1	3217,8	3144,0



*Erika Valladares Alarcón*

Ing. Erika Valladares Alarcón  
Lima, 12 de junio del 2020

### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 6% Caucho			PROMEDIO
		13	13A	13B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,0			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,46	6,46	6,47	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1214,4	1209,4	1215,6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1219,2	1216,2	1220,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	695,2	692,1	695,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	4,8	6,8	4,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	524,0	524,1	524,8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,92	1,30	0,84	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,318	2,308	2,316	2,314
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,504			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	7,5	7,8	7,5	7,6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,9	16,3	16,0	16,1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	53,1	51,9	53,1	52,7
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,715			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,37			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,63			
25	FLUJO (mm)	4,1	4,3	4,3	4,2
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1272,6	1272,6	1272,6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	0,96	0,96	0,96	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1222,0	1222,0	1222,0	1222,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3006,9	2830,0	2830,0	2889,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 6% Caucho			PROMEDIO
		14	14A	14B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,70			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,35	6,34	6,31	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1218,2	1217,2	1217,6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1220,0	1220,2	1218,4	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	704,8	705,8	707,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,8	3,0	0,8	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	515,2	514,4	511,2	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,35	0,58	0,16	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,365	2,366	2,382	2,371
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,486			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4,9	4,8	4,2	4,6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	14,7	14,6	14,1	14,5
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	66,7	67,0	70,3	68,0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,717			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,39			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,11			
25	FLUJO (mm)	4,3	4,6	4,6	4,5
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364,8	1364,8	1364,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1365,0	1365,0	1365,0	1365,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3161,2	2985,6	2985,6	3044,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020





**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 6% Caucho			PROMEDIO
		15	15A	15B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,4			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,37	6,40	6,40	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1224,2	1226,4	1224,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1225,8	1227,6	1226,8	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	709,1	708,6	708,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,6	1,2	2,0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	516,7	519,0	518,6	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,31	0,23	0,39	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,369	2,363	2,362	2,365
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,453			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3,4	3,7	3,7	3,6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,0	15,2	15,2	15,1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	77,3	75,9	75,5	76,2
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,699			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,15			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,85			
25	FLUJO (mm)	4,8	4,8	4,8	4,8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1433,7	1447,5	1433,7	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1434,0	1447,0	1434,0	1438,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2971,4	2998,3	2971,4	2980,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 6% Caucho			PROMEDIO
		16	16A	16B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,1			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,38	6,32	6,55	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1230,0	1226,8	1227,4	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230,6	1227,6	1229,2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	713,0	715,4	698,0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0,6	0,8	1,8	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	517,6	512,2	531,2	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,12	0,16	0,34	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,376	2,395	2,311	2,361
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,432			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2,3	1,5	5,0	2,9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,2	14,5	17,5	15,7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A (%)	84,9	89,6	71,5	82,0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,696			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,10			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5,40			
25	FLUJO (mm)	5,1	5,1	5,1	5,1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364,8	1387,8	1364,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	0,96	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1365,0	1388,0	1310,0	1354,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2687,0	2732,3	2578,7	2666,0



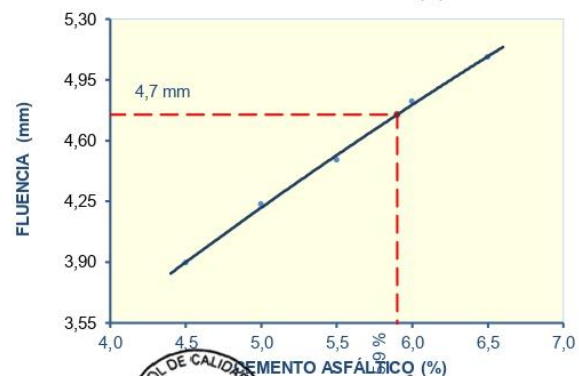
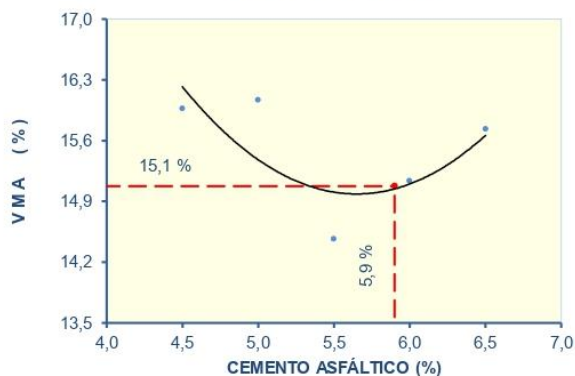
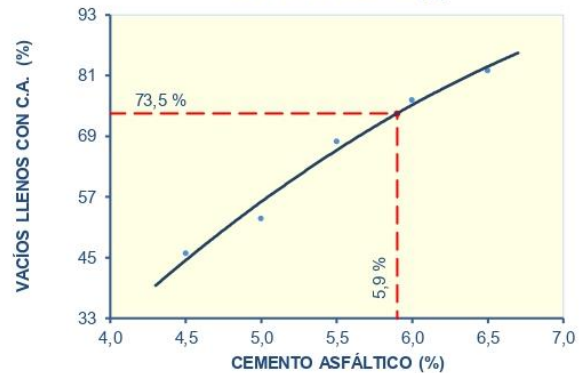
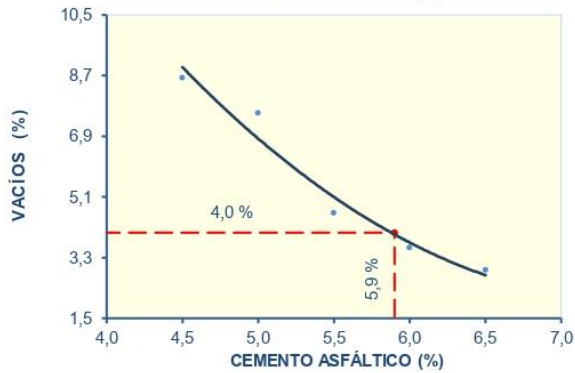
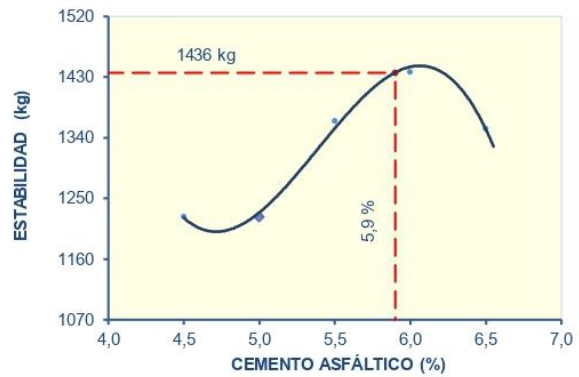
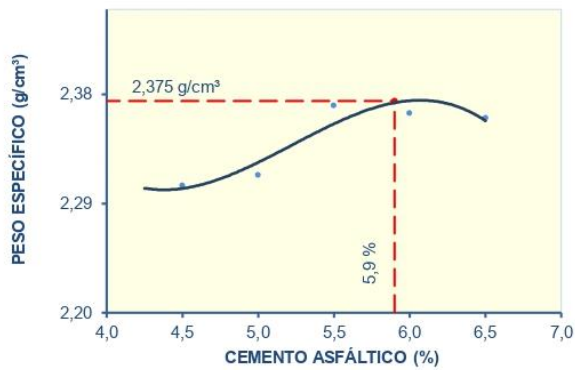
*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ Y OSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**



Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima 12 de Julio del 2020





## REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL.PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

#### Características de la Mezcla :

	MEZCLA ASFÁLTICA + 6% DE CAUCHO.					
- Nº de golpes por cara	:					
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,7		5,9		6,1
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,361		2,375		2,366
- Vacíos, %	:	4,5		4,0		3,5
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	70,0		73,5		76,8
- V.M.A., %	:	15,0		15,1		15,2
- Estabilidad, kg (kN)	:	1370,5	(13,440)	1436,4	(14,086)	1387,2 (13,604)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	4,6	(18,2)	4,7	(18,7)	4,9 (19,1)
- Absorción de Asfalto, %	:			1,27		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	2958,0	(7,0)	3024,0	(8,0)	2852,0 (7,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145		

#### Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	40,0
(2) Agregado fino, % **	:	60,0
(3) Polvo de Caucho, % **	:	-,-
(4) Aditivo, % ***	:	0,5

#### Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70 + 6% de Caucho
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "Seoing"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "Seoing"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Tipo Amina"

#### Nota :

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

#### Observaciones :

Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020





**REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 9% Caucho			PROMEDIO
		18	18A	18B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,0			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	1,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,44	6,46	6,48	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1194,8	1200,2	1195,6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1197,6	1201,6	1198,4	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	675,6	677,8	672,9	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2,8	1,4	2,8	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	522,0	523,8	525,5	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,54	0,27	0,53	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,289	2,291	2,275	2,285
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,536			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9,7	9,7	10,3	9,9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	16,1	16,0	16,6	16,2
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	39,5	39,7	38,0	39,1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,745			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,77			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,73			
25	FLUJO (mm)	4,6	4,6	4,6	4,6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1318,7	1318,7	1295,7	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	0,96	0,96	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1319,0	1266,0	1244,0	1276,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2885,0	2769,0	2720,9	2792,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020





### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 9% Caucho			PROMEDIO
		19	19A	19B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,0			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,42	6,48	6,48	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1206,8	1206,6	1207,6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1208,6	1210,2	1211,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	688,0	684,6	685,6	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,8	3,6	3,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	520,6	525,6	525,4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,35	0,68	0,65	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,318	2,296	2,298	2,304
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,511			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	7,7	8,6	8,5	8,2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,9	16,7	16,6	16,4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	51,7	48,6	49,0	49,8
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,724			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,49			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,51			
25	FLUJO (mm)	4,8	4,8	4,8	4,8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364,8	1401,6	1410,8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	0,96	0,96	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1365,0	1346,0	1354,0	1355,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2828,4	2789,1	2805,6	2808,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 9% Caucho			PROMEDIO
		20	20A	20B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,00			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57,00			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	-1,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-,-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,48	6,45	6,47	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1218,2	1215,2	1220,6	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1219,4	1221,4	1223,0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	694,2	698,4	698,2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,2	6,2	2,4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	525,2	523,0	524,8	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,23	1,19	0,46	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,319	2,324	2,326	2,323
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,522			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	8,0	7,9	7,8	7,9
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	16,7	16,6	16,5	16,6
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	51,9	52,6	52,8	52,4
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,748			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,81			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,69			
25	FLUJO (mm)	5,1	5,1	5,1	5,1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1456,6	1456,6	1456,6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	0,96	0,96	0,96	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1398,0	1398,0	1398,0	1398,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2752,0	2752,0	2752,0	2752,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 9% Caucho			PROMEDIO
		21	21A	21B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38,0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,0			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	0,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,39	6,42	6,41	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1224,2	1223,4	1223,4	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1225,4	1225,6	1225,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	707,6	705,2	706,0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1,2	2,2	2,2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	517,8	520,4	519,6	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,23	0,42	0,42	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,364	2,351	2,355	2,357
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,446			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3,3	3,9	3,7	3,7
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,1	15,6	15,5	15,4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	77,9	75,1	75,9	76,3
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,690			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,02			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4,98			
25	FLUJO (mm)	5,3	5,3	5,3	5,3
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1493,3	1502,5	1511,6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	1,00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1493,0	1502,0	1512,0	1502,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2799,0	2815,9	2834,6	2817,0



*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

**MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL**

	N° DE BRIQUETAS	Mezcla asfáltica + 9% Caucho			PROMEDIO
		22	22A	22B	
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6,5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37,0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56,0			
4	% DE POLVO DE CAUCHO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	1,0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2,660			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2,592			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-,-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6,42	6,36	6,49	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1226,2	1221,8	1225,8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1228,8	1223,2	1227,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	708,0	707,2	701,5	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2,6	1,4	1,8	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	520,8	516,0	526,1	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0,50	0,27	0,34	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2,354	2,368	2,330	2,351
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2,424			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2,9	2,3	3,9	3,0
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2,619			
20	V.M.A. (%)	15,5	15,0	16,4	15,6
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	81,5	84,5	76,3	80,8
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,700			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,15			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5,35			
25	FLUJO (mm)	5,6	5,6	5,6	5,6
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1387,8	1374,0	1401,6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1,00	1,00	0,96	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1388,0	1374,0	1346,0	1369,0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2483,9	2458,8	2408,7	2450,0



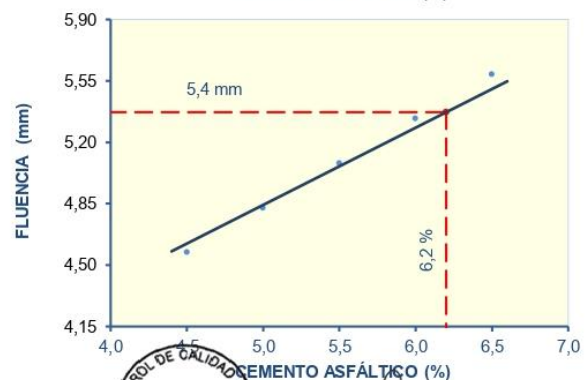
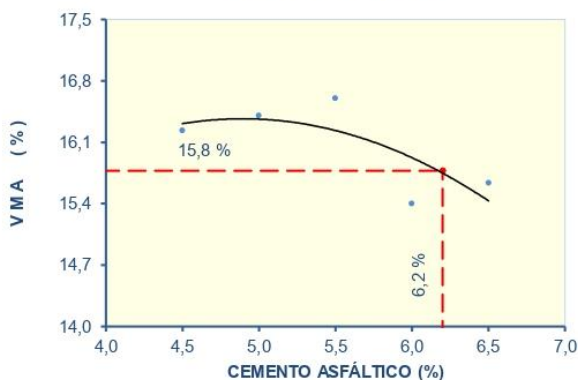
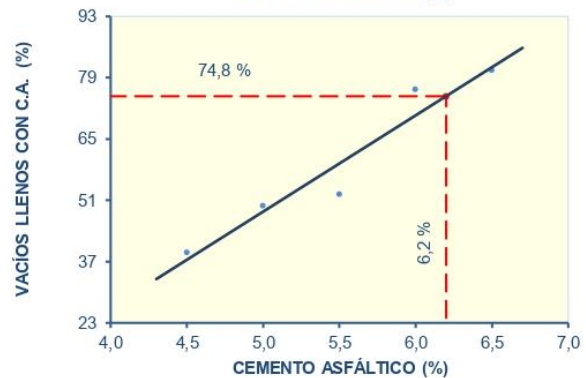
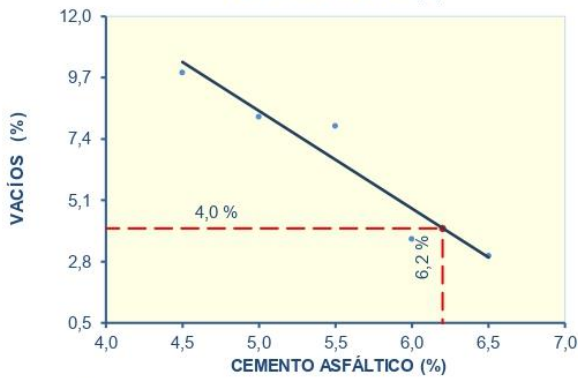
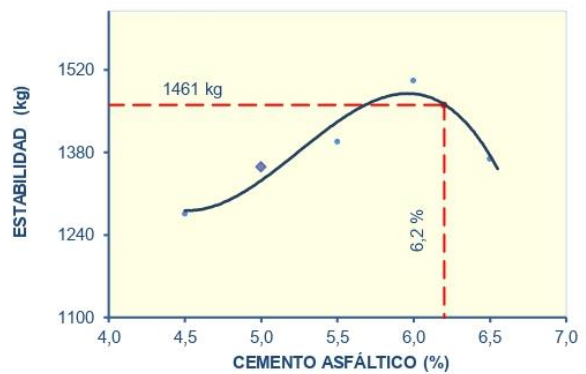
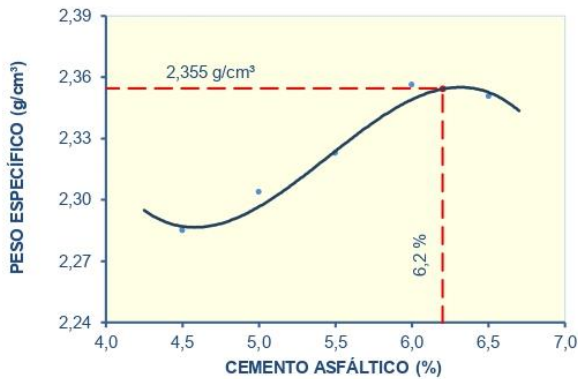
*Erika Valladares Alarcón*  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020



### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ Y OSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

#### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



Ing. Erika Valladares Alarcón  
Lima, 12 de junio del 2020



## REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : Sr. BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL. MUESTRA : Agregados y asfalto.  
 IDENTIFICACIÓN : La que se indica.  
 PROYECTO : Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019" CANTIDAD : 339 kg - 370 kg y 02 gl.  
 PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.  
 FECHA DE INICIO : 26.02.2020 FECHA TÉRMINO : Febrero - Marzo 2020.

### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

#### Características de la Mezcla :

	MEZCLA ASFÁLTICA + 9% DE CAUCHO.						
- Nº de golpes por cara	:						75
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	6,0					6,2 6,4
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2,341		2,355			2,354
- Vacíos, %	:	5,0		4,0			3,1
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	69,6		74,8			80,2
- V.M.A., %	:	16,0		15,8			15,6
- Estabilidad, kg (kN)	:	1439,2	(14,114)	1460,6	(14,323)	1407,8	(13,806)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	5,3	(20,8)	5,4	(21,1)	5,4	(21,4)
- Absorción de Asfalto, %	:			1,45			
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	2718,0	(7,0)	2719,0	(7,0)	2586,0	(6,0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145			

#### Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	40,0
(2) Agregado fino, % **	:	60,0
(3) Polvo de Caucho, % **	:	--
(4) Aditivo, % ***	:	0,5

#### Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN 60 - 70 + 09% de Caucho
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "Seoing"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "Seoing"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Tipo Amina"

#### Nota :

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

#### Observaciones :

Agregados y cemento asfáltico, proporcionados e identificados por el solicitante.

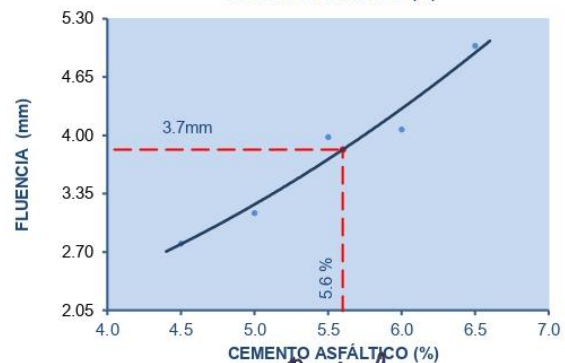
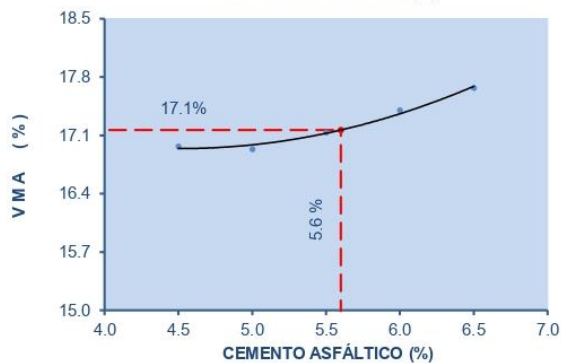
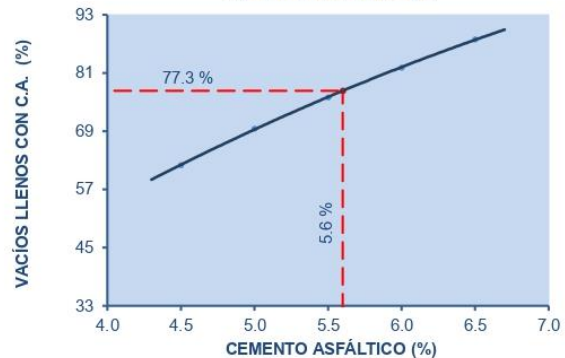
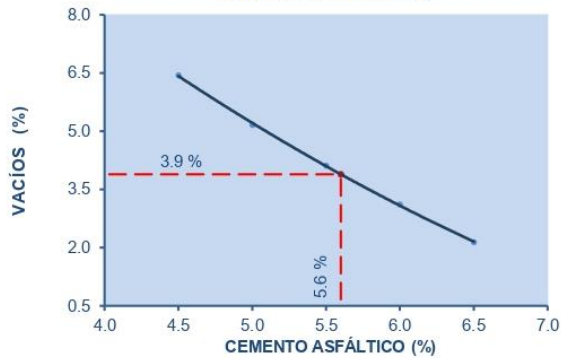
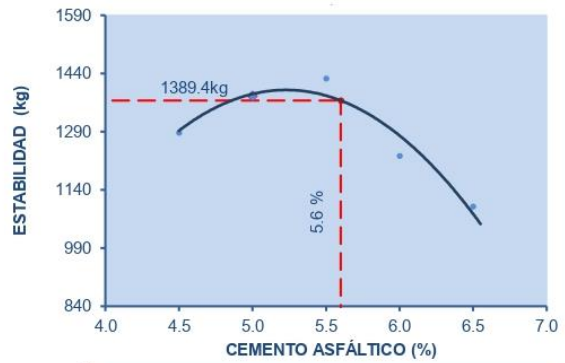
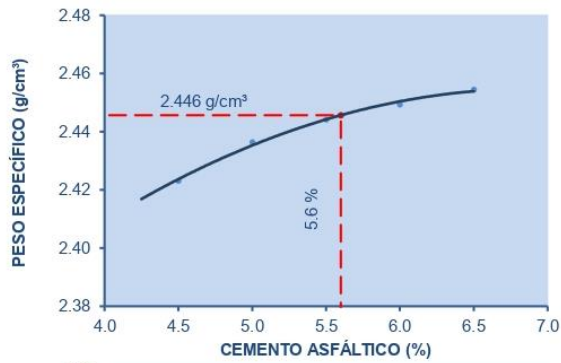


  
 Ing. Erika Valladares Alarcón  
 Lima, 12 de junio del 2020

### REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE	: BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL	MUESTRA	: Agregados y asfalto.
PROYECTO	: Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019"	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica.
FECHA DE INICIO	: 04.05.2020	CANTIDAD	: La que se indica.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
		FECHA TÉRMINO	: 06/05/2020.

#### MTC E-504 \* ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



  
**Responsable**  
 Lima, 6 de Junio del 2020



## REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE	: BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL	MUESTRA	: Agregados y asfalto.
		IDENTIFICACIÓN	: La que se indica.
PROYECTO	: Tesis de Grado: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019"	CANTIDAD	: La que se indica.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE INICIO	: 04.05.2020	FECHA TÉRMINO	: 06/05/2020.

**MTC E-504 \***

### ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

**Características de la Mezcla :**

	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL						
- Nº de golpes por cara	:	75					
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.4	5.6				
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.443	2.446	2.448			
- Vacíos, %	:	4.3	3.9	3.5			
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	74.8	77.4	79.8			
- V.M.A., %	:	17.1	17.1	17.3			
- Estabilidad, kg (kN)	:	1391.6	(13.647)	1389.4	(13.625)	1332.9	(13.071)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	3.6	(14.3)	3.7	(14.6)	4.1	(16.0)
- Absorción de Asfalto, %	:	0.12					
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	3837.0	(10.0)	3788.0	(9.0)	3280.0	(8.0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:	140 - 145					

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % **	:	40.0
(2) Agregado fino, % **	:	60.0
(3) Polvo de Caucho, % **	:	--
(4) Aditivo, % ***	:	0.5

**Materiales :**

Tipo de Asfalto	:	PEN PEN 60 - 70
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "SEOING"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "SEOING"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Tipo Amina"

**Nota :**

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

**Observaciones :**

\* Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (EM- Edición 2016).



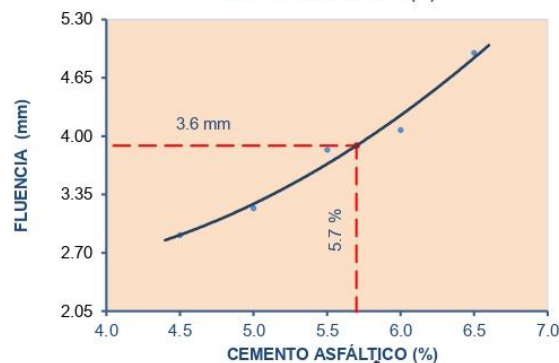
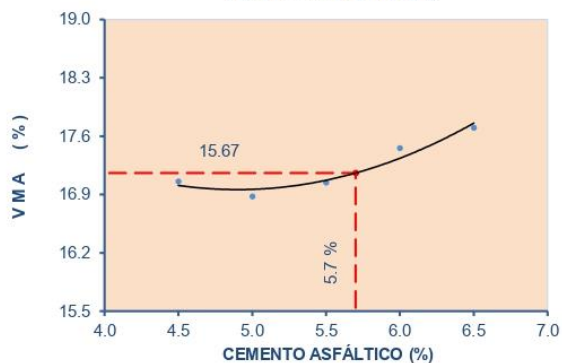
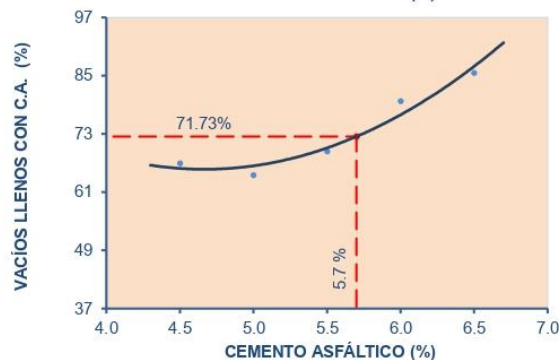
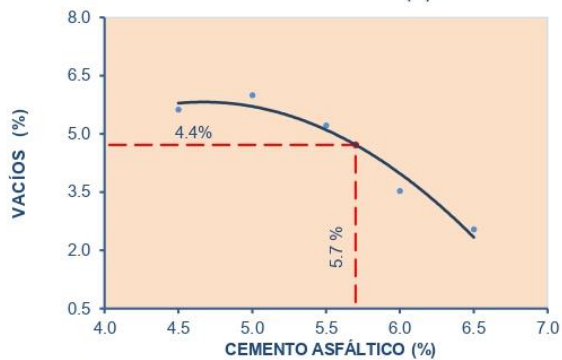
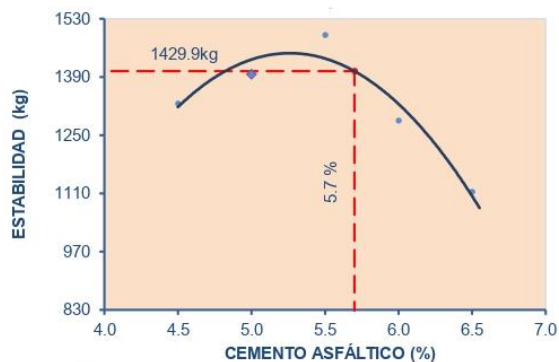
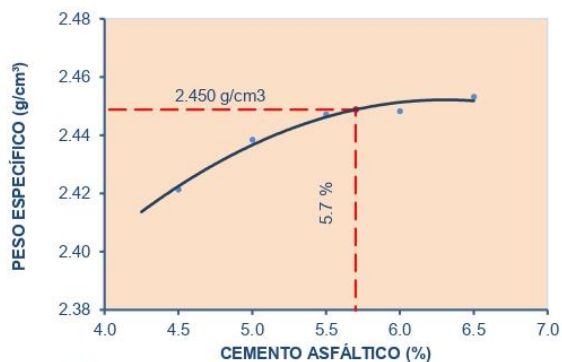
**Responsable**

Lima, 6 de Junio del 2020

## REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE : BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL  PROYECTO : "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019"  FECHA DE INICIO : 04.05.2020	MUESTRA : Agregados y asfalto. IDENTIFICACIÓN : La que se indica. CANTIDAD : La que se indica.  PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico. FECHA TÉRMINO : 06/05/2020.
---	--

### MTC E-504 \*      ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL



  
**Responsable**  
 Lima, 6 de Junio del 2020

## REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYOS

SOLICITANTE	: BENITES CRUZ YOSSMEL PASCUAL	MUESTRA	: Agregados y asfalto.
		IDENTIFICACIÓN	: La que se indica.
PROYECTO	: "Incorporación del grano de Caucho y Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019"	CANTIDAD	: La que se indica.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE INICIO	: 04.05.2020	FECHA TÉRMINO	: 06/05/2020.

### MTC E-504 \*      ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

#### Características de la Mezcla :

	MEZCLA ASFÁLTICA CON 0.9% DE PLÁSTICO					
- Nº de golpes por cara	:					
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.6	5.78		6.0	
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.446	2.450		2.451	
- Vacíos, %	:	5.1	4.4		4.2	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	70.1	71.7		75.3	
- V.M.A., %	:	17.1	15.7		17.3	
- Estabilidad, kg (kN)	:	1434.5	(14.067)	1429.9	(14.023)	1355.8 (13.296)
- Flujo, mm (10 <sup>-2</sup> pulg)	:	3.7	(14.5)	3.6	(14.2)	4.1 (16.2)
- Absorción de Asfalto, %	:			1.15		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	3889.0	(10.0)	3948.2	(10.0)	3295.0 (8.0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145		

#### Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % **	:	40.0
(2) Agregado fino, % **	:	60.0
(3) Polvo de Caucho, % **	:	--
(4) Aditivo, % ***	:	0.5

#### Materiales :

Tipo de Asfalto	:	PEN PEN 60 - 70
Agregado grueso	:	Piedra chancada - Cantera "SEOING"
Agregado fino	:	Arena chancada - Cantera "SEOING"
Aditivo	:	Mejorador de adherencia "Tipo Amina"

#### Nota :

- (\*) Porcentaje en peso de la mezcla total
- (\*\*) Porcentaje en peso de los agregados
- (\*\*\*) Porcentaje en peso del cemento asfáltico

#### Observaciones :

\* Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (EM- Edición 2016).



**Responsable**

Lima, 6 de Junio del 2020

**PANEL FOTOGRÁFICO**



*Incorporación y mezclado del grano de caucho – cemento asfáltico*



*Agregados en el horno a 145 °C - 150 °C*



*Compactación y desmolde de briquetas*





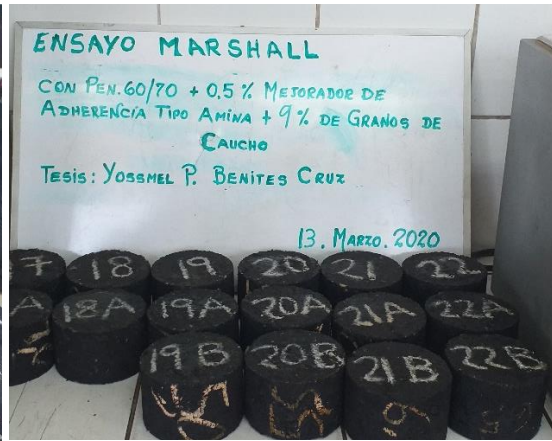
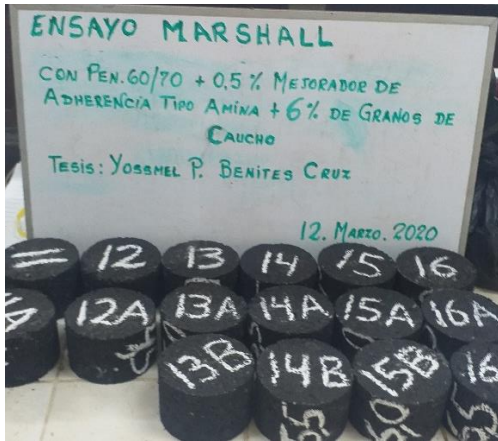
*Peso seco, húmedo y al aire de la briqueta*



*Briquetas en el baño María a 60 °C*



*Briquetas antes del ensayo con 0% y 3% de granos de caucho*



Briquetas antes del ensayo con 6% y 9% de granos de caucho



Ensayo Marshall y Briquetas después del ensayo



Rice