

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INCORPORACIÓN DE LA FIBRA DE PET EN EL  
% DE VACÍOS, ESTABILIDAD Y FLUJO DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA COMO PROPUESTA DE  
MEJORAMIENTO PARA LA AV. CANTA  
CALLAO, 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Ingrid Esthefany Vargas Alfaro

William Roberto Lozano Guevara

**Asesor:**

Mg. Ing. José Alexander Ordoñez Guevara

<https://orcid.org/0000-0001-9184-6711>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Julio Quesada Llanto</b>	<b>42831273</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Wilder Calixtro Calixtro</b>	<b>06803344</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Jose A. Ordoñez Guevara</b>	<b>40501603</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Revision Tesis Willian Lozano

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>doaj.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Catolica de Trujillo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>3</b>	<b>docs.google.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>updocs.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uoosevelt.edu.pe</b> Fuente de Internet	

## **DEDICATORIA**

- Esta tesis está dedicado a mi familia, por ser el pilar fundamental para la elaboración de este proyecto brindándome su apoyo, fortaleza y ánimos. A Dios por darme la vida y gracia de continuar con muchas bendiciones para culminar este propósito,

(William Lozano Guevara).

- A mis amados padres Ingrid y Edwin, quienes han sido mi guía a lo largo de este viaje. Su amor, sacrificio y apoyo constante han sido mi mayor fortaleza. Con profunda gratitud comparto con ustedes, con todo mi amor, (Ingrid Vargas Alfaro).

## **AGRADECIMIENTO**

- A todos los ingenieros que dieron su conocimiento para la elaboración de este proyecto y a nuestro asesor el Ing. José Ordoñez que nos guio con todo su conocimiento y experiencia, también agradecer a la Universidad por apoyar esta investigación haciendo uso de sus laboratorios para la obtención de los resultados. (William Lozano Guevara)
- Agradezco a la Universidad Privada del Norte por brindarme una educación integral en Ingeniería Civil. Mi profundo agradecimiento a la Facultad de Ingeniería y al personal técnico calificado de laboratorio por su invaluable apoyo durante los ensayos realizados en las instalaciones de la universidad. Reconozco la guía invaluable de nuestro asesor de tesis, Ing. José Ordoñez. Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto con mi compañero de tesis William Lozano, su dedicación y colaboración han enriquecido enormemente este proyecto y han sido clave para su culminación. (Ingrid Vargas Alfaro)

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Justificación	15
1.4.1. Justificación Teórica	15
1.4.2. Justificación Ambiental	15
1.4.3. Justificación Social	15
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo general	16
1.4.2. Objetivos específicos	16
1.5. Hipótesis	16
1.5.1. Hipótesis general	16
1.5.2. Hipótesis específicas	17
1.7. Antecedentes	17
1.8. Bases Teóricas	32
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	39

2.1. Tipo y diseño de investigación	39
2.1.1. Tipo de investigación	39
2.1.2. Diseño de investigación	39
2.2. Variables y operacionalización	41
2.3. Población, muestra y muestreo	44
2.3.1. Población	44
2.3.1. Muestra	44
2.3.3. Muestreo	45
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
2.5. Procedimientos	48
2.6. Método de análisis de datos	58
2.7. Aspectos éticos	59
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Porcentajes óptimos en los antecedentes .....	42
<b>Tabla 2</b> Número de briquetas para la muestra sin adición de PET .....	45
<b>Tabla 3</b> Número de briquetas para la muestra con adición de PET .....	45
<b>Tabla 4</b> Dictamen de expertos .....	47
<b>Tabla 5</b> Análisis granulométrico del agregado fino.....	62
<b>Tabla 6</b> Análisis granulométrico del agregado grueso .....	63
<b>Tabla 7</b> Estabilidad de la mezcla asfáltica sin PET .....	65
<b>Tabla 8</b> Flujo de la mezcla asfáltica sin PET.....	66
<b>Tabla 9</b> Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sin PET .....	66
<b>Tabla 10</b> Resumen del ensayo Marshall para la mezcla asfáltica en caliente sin PET..	67
<b>Tabla 11</b> Porcentaje de Vacíos .....	70
<b>Tabla 12</b> Estabilidad Marshall .....	72
<b>Tabla 13</b> Flujo de la mezcla asfáltica .....	73
<b>Tabla 14</b> Análisis de precios unitarios –Mezcla asfáltica convencional .....	75
<b>Tabla 15</b> Análisis de precios unitarios –Mezcla asfáltica con PET .....	76
<b>Tabla 16</b> Prueba de normalidad .....	77
<b>Tabla 17</b> Prueba estadística de la hipótesis general.....	78
<b>Tabla 18</b> Prueba estadística de la hipótesis específica 1.....	79
<b>Tabla 19</b> Prueba estadística de la hipótesis específica 2.....	79
<b>Tabla 20</b> Prueba estadística de la hipótesis específica 3.....	80

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Peso de la muestra sumergida en agua.....	33
Figura 2. Máquina de carga a compresión.....	35
Figura 3. Flujómetro.....	36
Figura 4. Fibra de Tereftalato de polietileno.....	38
Figura 5. Porcentajes óptimos en los antecedentes.....	42
Figura 6. Recolección de PET reciclado.....	48
Figura 7. Remoción de etiquetas y lavado de las botellas.....	49
Figura 8. PET triturado.....	49
Figura 9. Proceso de tamizado.....	50
Figura 10. Pesado del material retenido en cada malla.....	51
Figura 11. Diseño de la mezcla.....	52
Figura 12. Incorporación del aditivo plástico triturado.....	53
Figura 13. Preparación del molde.....	53
Figura 14. Proceso de verter la mezcla en moldes.....	54
Figura 15. Compactación.....	54
Figura 16. Proceso de desmoldado.....	55
Figura 17. Briquetas.....	55
Figura 18. Peso seco y saturado.....	56
Figura 19. Registro de altura y diámetro.....	57
Figura 20. Briquetas sumergidas en agua a temperatura de 60° C.....	57
Figura 21. Ensayo Marshall.....	58
Figura 22. Ubicación de la zona de estudio.....	60
Figura 23. Estado actual del tramo en estudio.....	61
Figura 24. Curva granulométrica del agregado fino.....	62

Figura 25. Curva granulométrica del agregado grueso.....	64
Figura 26. Estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente .....	68
Figura 27. Flujo de la mezcla asfáltica en caliente.....	69
Figura 28. Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente .....	70
Figura 29. Porcentaje de vacíos.....	71
Figura 30. Estabilidad Marshall.....	72
Figura 31. Flujo de la mezcla asfáltica.....	74

**RESUMEN**

El presente estudio buscó identificar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao. Siguió una metodología de tipo aplicada, cuantitativa, nivel explicativo y diseño cuasi-experimental; se tomó como población el total de briquetas elaboradas y por muestra a 40 briquetas: el instrumento consistió en fichas técnicas. Entre los resultados, se obtuvo que el % de vacíos del patrón fue 2.7%, y con 4%, 6% y 8% de PET fue 1.9%, 2.5% y 3% respectivamente; la estabilidad, del patrón fue 2280kg y con 4%, 6% y 8% de PET fue 2284kg, 2076kg y 1971 kg correspondientemente; el flujo del patrón fue 3mm y con 4%, 6% y 8% de PET se obtuvo 3.4 mm, 5.1 mm y 6.4 mm respectivamente; en cuanto al costo por m<sup>3</sup> en mezcla convencional fue de S/ 803.09 y la mezcla con 4% de PET S/ 788.71. Concluyendo que fibra PET tiene una influencia positiva sobre las propiedades estudiadas en la mezcla asfáltica, pues consigue reducir el % de vacíos y el flujo, en tanto la estabilidad se incrementa.

**PALABRAS CLAVES:** Mezcla asfáltica, tereftalato de polietileno, % de vacíos, flujo, estabilidad.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel Internacional, en Irán, como se señala en el artículo de Ameri *et al.* (2020) la mezcla asfáltica se utiliza habitualmente en la capa superficial de los pavimentos flexibles de carreteras y aeropuertos. Esta capa se ve directamente afectada por el entorno y las cargas del tráfico y tolera el mayor nivel de presión y tensión. Uno de los materiales más empleados para mejorar las propiedades de la calidad de la mezcla asfáltica, son los polímeros ya que el betún modificado por un polímero elastómero es más elástico y presenta una menor sensibilidad a la temperatura y una vida a la fatiga más duradera. Por otro lado, los polímeros termoplásticos absorben los aceites aromáticos y las fracciones ligeras del betún asfáltico, lo que provoca una reducción del grado de penetración y un incremento de la viscosidad del betún asfáltico. Asimismo, estos polímeros aumentan el punto de reblandecimiento, lo que mejora la adherencia y el rendimiento del ligante, especialmente en condiciones húmedas. Además, estos polímeros aumentan el punto de reblandecimiento, lo que mejora la adherencia y el rendimiento del ligante, especialmente en condiciones húmedas. Es así que, en Teherán capital de Irán, se realizaron tres combinaciones de SBR y PET reciclado como modificador del betún asfáltico; las pruebas indicaron que SBR y PET reciclado aumentan la viscosidad y el punto de reblandecimiento, asimismo logran endurecer los aglutinantes al reducir su grado de penetración permitiendo optimizar la mezcla asfáltica en sus propiedades físicas y mecánicas.

Tal es el caso de China donde se incorporó residuos de tereftalato de polietileno (PET) en forma de fibra para proporcionar a las mezclas asfálticas una mayor resistencia al agrietamiento, se encontró que la tenacidad de las mezclas asfálticas a diferentes

temperaturas se puede mejorar significativamente si se emplean fibras de PET más largas y gruesas con una superficie rugosa (Ma y Hesp, 2022).

A nivel nacional, la situación de deterioro de las distintas carreteras responde a la ausencia de mantenimiento y a otros factores, como las desfavorables condiciones meteorológicas del país. Es evidente que los esfuerzos de restauración de las carreteras son a menudo ineficaces o de muy mala calidad. En la ciudad de Cajamarca, la red vial presenta problemas considerables a causa de la continua degradación de la capa de rodadura del pavimento. Por otro lado, la contaminación provocada por los envases de plástico también repercute en ella. Es por ello que se buscó la mejora de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de PET, consiguiendo la reducción del porcentaje de vacíos en un 10% y mejoras en su estabilidad (Paredes *et al.*, 2022).

Por otro lado, En la ciudad de Tacna, donde las condiciones climáticas y el denso tráfico de vehículos ligeros y pesados provocan un incremento del deterioro del pavimento, provocando la permeabilidad de la capa asfáltica y favoreciendo el ingreso de partículas extrañas, provocando que el pavimento presente una vida útil más reducida; es por ello que se buscó alternativas de mejoramiento del asfalto con residuos de PET consiguiendo mejoras en su resistencia y porcentaje de vacíos (Butron, 2022). De igual forma en Chiclayo, se buscó incorporar la cáscara de fibra de coco a la mezcla asfáltica para mejorar sus propiedades e incrementar su vida útil a fin de reducir costos en el mantenimiento, consiguiendo mejorar su estabilidad y resistencia (Castro *et al.*, 2020).

A nivel local, en Lima en muchas de las vías se encuentran en deterioro como es el caso de las avenidas del distrito de La Victoria, el cual es uno de los distritos más transitados debido al comercio incrementando a su vez los niveles de contaminación en el distrito; en la avenida Nicolás Ayllón, el pavimento se encuentra en deterioro con grietas y fisuras, es debido a ello que se vio la necesidad de realizar mejoras en las

propiedades de la mezcla asfáltica a través de la incorporación de PET reciclado, logrando mejoras significativas en su estabilidad y flujo, a la vez que, el empleo de plástico PET contribuyó a la reducción de la contaminación por este material (Muñante, 2021). Por otro lado, el pavimento de la Av. Condorcanqui en el distrito de Carabayllo, está muy deteriorada, ya que por ella circulan vehículos pesados y otros autobuses, es así que se buscó potenciar las propiedades del pavimento incorporando PET y pavimento reciclado logrando mejoras en su estabilidad y flujo (Herrera, 2019). Finalmente, en la Av. Canta Callao presenta evidentes fallas y deformaciones, debido a que la mezcla asfáltica utilizada para su construcción no cumple con las normas establecidas, produciendo su deterioro anticipado, de modo que pone en riesgo la seguridad y comodidad de automovilistas y transeúntes (Lázaro y Santiago, 2021). Por lo mencionado anteriormente y considerando las características del tereftalato de polietileno, es necesario evaluar si este material mejora las propiedades físicas y mecánicas mezcla asfáltica.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

En el estudio se planteó como problema general: ¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?

¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?

¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?

¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?

### **1.3. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación Teórica**

La justificación teórica, en cuanto a la variable independiente tereftalato de polietileno, es un material que proviene de botellas plásticas recicladas, que luego de ser sometido a un proceso de trituración finalmente se transforma en fibras. El resultado es una alternativa económicamente más ventajosa. En relación a la variable dependiente mezcla asfáltica, propone potenciar las propiedades físicas y mecánicas de las ya mencionadas con el fin de mejorarlas.

#### **1.4.2. Justificación Ambiental**

En cuanto a la justificación ambiental, el objetivo principal de la utilización de tereftalato de polietileno es demostrar cómo este material plástico, que es uno de los contaminantes medioambientales más importantes porque tarda años en degradarse, puede reutilizarse como aditivo para potenciar las propiedades de la mezcla asfáltica y, al mismo tiempo, mitigar su impacto medioambiental; sin dejar de lado los criterios técnicos actuales como también, los ensayos de laboratorio acreditados.

#### **1.4.3. Justificación Social**

La justificación social de este estudio está relacionada con el hecho de que, gracias a su creación, se puede sugerir una posible solución a los problemas detectados durante la investigación, que será de gran beneficio para la población de Canta Callao, ya que los pavimentos de la zona, actualmente presentan ahuellamientos, grietas y agujeros que

afectan tanto al tráfico vehicular como peatonal, podrán ser diseñados con criterios más respetuosos con el medio ambiente, mediante la adición de un aditivo reciclado. Este aditivo, combinado con el diseño de la mezcla asfáltica, mejorará las propiedades mecánicas y físicas del asfalto.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Identificar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

La incorporación de la fibra de PET influye en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

La incorporación de la fibra de PET reduce los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

## 1.7. Antecedentes

### 1.7.1. Antecedentes Internacionales

**Artículo realizado por Sergio Bernabé Velasquez Garnica y Rafael Ernesto Villegas Villegas - Bolivia 2022. “Diseño, producción y colocado de mezclas asfálticas en caliente con adición de plásticos residuales - caso de estudio en Bolivia”**

**El objetivo** de su estudio fue efectuar un análisis del desempeño de las mezclas asfálticas al incorporar plásticos reciclados, la **metodología fue experimental**. La **población** se integró por las unidades con y sin la incorporación de PET y HDPE, el instrumento utilizado fueron las fichas de ensayos. Como **resultados** se obtuvo, en cuanto a estabilidad: 9.69 KN en la muestra control, con incorporación de PET al 1, 2, 3, 4 y 5% obtuvo 11.39, 8.68, 8.47, 7.79 y 6.94 KN respectivamente y con incorporación de HDPE en 1, 2, 3, 4 y 5% obtuvo 13.66, 7.44, 7.38, 6.21 y 5.66 KN respectivamente; en cuanto a flujo la muestra control obtuvo

9.9, con incorporación de PET al 1, 2, 3, 4 y 5% obtuvo 10, 12.6, 12.4, 16.7, 17.6 respectivamente y con incorporación de HDPE al 1, 2, 3, 4 y 5% obtuvo 14.2, 17.4, 16.2, 19.6, 24.2 respectivamente; finalmente con respecto a los vacíos de aire la muestra control obtuvo 3.9%, con incorporación de PET al 1, 2, 3, 4 y 5% obtuvo 4.6, 4.3, 4.9, 5.2 y 4.6% respectivamente, con incorporación de HDPE al 1, 2, 3, 4 y 5% obtuvo 3.9, 6.2, 7.5, 6.9, 7.7% respectivamente. Se **concluye** que la mezcla con incorporación en 1% de PET tiene un mejor comportamiento ante deformaciones y agrietamientos logrando incrementar su estabilidad en 17.5% y manteniendo el flujo casi constante, variando solo en 0,1, y las propiedades estaban dentro de las especificaciones usando hasta un 3% de PET; por otro lado la adición de HDPE (Polietileno de Alta Densidad) resulta perjudicial para la calidad del pavimento asfáltico, a pesar de incrementar su estabilidad en 3.97KN, su fluidez es de 14.2 lo que la haría susceptible a deformaciones.

Este artículo adquiere importancia al brindar datos precisos sobre los efectos de la incorporación de plástico PET a las mezclas asfálticas, basándose en los parámetros Marshall.

**Tesis de pregrado realizado por Alex Javier Vargas Guevara de la Universidad Técnica De Ambato – Ecuador 2022. “efecto de adición de partículas de plástico reciclado en las propiedades físico-mecánicas de pavimento”.**

El **objetivo** de su investigación fue analizar como las partículas de plástico reciclado influyen en las características físico-mecánicas del asfalto. La **metodología** empleada fue experimental, la **muestra** se integró por 48 briquetas y como instrumento empleó ensayos de laboratorio. Los **resultados** señalan que, la muestra control obtuvo: 11 (1/100 pulg) en flujo, 1650 lb en estabilidad, 2.20 g/cm<sup>3</sup> de

densidad y 4% de vacíos; la mezcla con 15% de plástico : 14 (1/100 pulg) en flujo, 4240 lb en estabilidad, 2.24 g/cm<sup>3</sup> de densidad y 4% de vacíos; la mezcla con 20% de plástico obtuvo: 10(1/100 pulg) en flujo, 4000 lb en estabilidad, 2.17 g/cm<sup>3</sup> de densidad y 3.20% de vacíos; la mezcla con 25% de plástico: 16(1/100 pulg) en flujo, 3655 lb en estabilidad, 2.21 g/cm<sup>3</sup> de densidad y 1.5% de vacíos. Se **concluyó** que, la adición de plástico reciclado influye de forma positiva en la mezcla asfáltica, siendo el porcentaje óptimo de plástico 15%, ya que obtuvo la mayor estabilidad, ya que el plástico compacto mejor los áridos de piedra.

El estudio anteriormente expuesto tiene relevancia porque ofrece información actual y precisa sobre cómo influye el plástico PET reciclado una mezcla asfáltica para pavimento de tráfico pesado según la Norma AASHTO y MOP.

**Tesis de pregrado llevado a cabo por Diego Israel Pilatuña Fajardo y Jefferson Andrés Rodríguez Concha de la Universidad Nacional De Chimborazo – Ecuador 2021. “Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del Cantón Guamote”.**

En su estudio tuvieron como **objetivo** establecer una comparativa entre las cualidades mecánicas de una mezcla asfáltica estándar y las de una mezcla que incorpora con PET, la **metodología** conto con un diseño experimental; además, 45 briquetas con y sin la incorporación de PET conformaron la **población**. Los **resultados** que se obtuvo fueron, para la muestra control: 17.500 flujo, 2450 lb estabilidad, 2.232 gr/cm<sup>3</sup> densidad y 4% de vacíos; la mezcla con 5% de PET: 14.100 flujo, 3349.870 lb estabilidad, 2.142 gr/cm<sup>3</sup> densidad y 4.293% de vacíos; la mezcla con 9% de PET: 12.920 flujo, 3300 lb estabilidad, 2.137 gr/cm<sup>3</sup> densidad y 5% de vacíos; la mezcla con 10% de PET: 12.967 flujo, 3142.308 lb estabilidad, 2.134

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”  
gr/cm<sup>3</sup> densidad y 5.351% de vacíos; la mezcla con 15% de PET: 13.600 flujo, 3285.620 lb estabilidad, 2.137 gr/cm<sup>3</sup> densidad y 6.014% de vacíos; finalmente la mezcla con 20% de PET: 17.800 flujo, 2978.665 lb estabilidad, 2.116 gr/cm<sup>3</sup> densidad y 7.878% de vacíos. Se **concluyó** que, la incorporación de PET en 9% logra mejorar la estabilidad de la mezcla.

El estudio anterior presenta información actualizada y comprobada a través de las pruebas experimentales acerca de la incorporación de PET por vía húmeda siguiendo las especificaciones de la norma MOP-001F-2002.

**Tesis de pregrado realizado por John Bolívar Jara Cobos y Sergio Eduardo Machado Cabascango de la Universidad Central Del Ecuador – Ecuador 2020. “Análisis comparativo entre mezclas asfálticas en caliente modificadas con polialuminio y mezcla convencional”.**

En su estudio tuvo por **objetivo** comparar el desempeño de una mezcla asfáltica modificada con polialuminio derivado de Tetra Pack, la **metodología** empleada fue descriptiva, la **población** se constituyó por el total de briquetas con sin la incorporación de polialuminio, como **instrumento** empleó los ensayos de laboratorio. Los **resultados** indican que, la muestra control obtuvo: 10.50 mm de flujo, 2779.52 lbs en estabilidad, 2.184 g/cm<sup>3</sup> en densidad y 4.07% de vacíos; la muestra con 0.5% de polialuminio obtuvo: 11.50 mm de flujo, 2793.03 lbs en estabilidad, 2.188 g/cm<sup>3</sup> en densidad y 4.209% de vacíos; la muestra con 1.0% de polialuminio obtuvo: 12.00 mm de flujo, 2805.01 lbs en estabilidad, 2.188 g/cm<sup>3</sup> en densidad y 4.032% de vacíos; la muestra con 1.5% de polialuminio obtuvo: 13.00 mm de flujo, 2828.40 lbs en estabilidad, 2.188 g/cm<sup>3</sup> en densidad y 3.992% de vacíos; finalmente la muestra con 2.0% de polialuminio obtuvo: 14.50 mm de flujo, 2843.65 lbs en estabilidad, 2.185 g/cm<sup>3</sup> en densidad y 3.837% de vacíos. Se

**concluyó** que, el porcentaje óptimo de polialuminio corresponde al 1.5%, el cual evidenció una mejora de 1.87% en su estabilidad y 26.95% de flujo.

La investigación de Jara y Machado es importante porque recopila información acerca de la modificación de una la mezcla asfáltica para tráfico pesado con materiales reciclados como el polialuminio derivado de Tetra Pack como reemplazo parcial de los áridos finos, basándose en normas internacionales ASTM y AASHTO.

**Tesis de pregrado llevado a cabo por Juan Carlos Lopez Sabogal de la Universidad Militar Nueva Granada – Colombia 2020.**

**“Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas pet recicladas”.**

El **objetivo** de su estudio fue analizar de qué forma los polímeros procedentes de botellas de PET recicladas influyen en una mezcla asfáltica. La **metodología** de estudio fue experimental, la **muestra** se constituyó de 15 briquetas. Empleó como instrumento los ensayos de laboratorio. Obtuvo como **resultados** para la muestra control: 3.80 mm en flujo, 12.16 KN en estabilidad y 3.61% de vacíos; la muestra con 1% de PET: 4 mm en flujo, 14.2 KN en estabilidad y 8.4% de vacíos; la muestra con 2% de PET: 3.81 mm en flujo, 15 KN en estabilidad y 9% de vacíos; la muestra con 3% de PET: 3.9 mm en flujo, 14.5 KN en estabilidad y 10.1 % de vacíos; finalmente, la muestra con 4% de PET: 4.2 mm en flujo, 13.5 KN en estabilidad y 11% de vacíos. Se llegó a **concluir** que: la mezcla con mejor desempeño fue la que incorpora 2% de PET, ya que logra incrementar la estabilidad en un 5%, y varía levemente el flujo de la mezcla.

El estudio de Lopez resulta relevante ya que recopila información acerca de una la mezcla asfáltica modificada por vía seca de con plástico PET, para pavimento de transito bajo, demostrando su superioridad frente a una mezcla convencional.

### 1.7.2. Antecedentes Nacionales

**Tesis de pregrado realizado por Percy Zavaleta Burgos de la Universidad César Vallejo – Perú 2022. “Influencia de tereftalato de polietileno en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente en el distrito de Nuevo Chimbote – 2021”.**

El **objetivo** fue conocer el impacto del PET en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en la zona de Nuevo Chimbote. La **metodología** de estudio fue de tipo aplicado y cuasi experimental, 12 briquetas conformaron la **muestra**, la cuales se elaboraron con y sin incorporación de tereftalato de polietileno (1.5%, 2.5%, 3.1%). Empleó los ensayos de laboratorio como instrumento. Como **resultados** obtuvo, para la muestra control: 0.35 en flujo, 1230 en estabilidad y 4.6 en vacíos; en cuanto a la mezcla con PET al 1.5% obtuvo: 0.41 en flujo, 656 en estabilidad y 16.9 en vacíos; la muestra con 2.5% obtuvo: 0.44 en flujo, 669 en estabilidad y 18.2 en vacíos y finalmente la muestra con 3.1% de PET obtuvo: 0.46 en flujo, 687 en estabilidad y 19 en vacíos. Se llegó a **concluir** que, la incorporación de PET logra reducir el peso de las muestras, sin embargo, no presenta efectos beneficiosos sobre las propiedades de la mezcla asfáltica.

La investigación de Zavaleta resulta pertinente para nuestro estudio puesto que utiliza el aditivo plástico PET para conseguir mejorar la mezcla asfáltica, exponiendo datos acerca de su estabilidad, flujo y % de vacíos.

**Tesis de pregrado realizado por Yngrid Isabel Acuña Sanchez y Jose**

**Stephano Pariona Bustamante de la Universidad César Vallejo – Perú**

**2021. “Diseño de Pavimento Flexible con Aplicación de Tereftalato de Polietileno en la Mezcla Asfáltica, Avenida Antigua Panamericana Sur, Chilca 2021”.**

El **objetivo** de su estudio fue conocer el efecto de la incorporación de Tereftalato de Polietileno a la mezcla bituminosa en el diseño del pavimento flexible de la Avenida Antigua Panamericana Sur. La **metodología** fue descriptiva, experimental y cuantitativa, en el que 5000 mts de la avenida objeto de estudio conforme la **población** abarcando desde el kilómetro 62 hasta el kilómetro 67; asimismo, la muestra fue de 1000 mts abarcando desde el kilómetro 63 hasta el 64. Los **resultados** evidenciaron que la estabilidad de la mezcla mejoro de 13.79kn a 17.7kn al incorporar 3% de PET; de forma similar, en el costo de la mezcla asfáltica tradicional por metro cubico fue de 891.48 soles, mientras que la mezcla con incorporación de PET fue de 875.42. **Concluyendo** que la incorporación de PET reciclado en la mezcla asfáltica no solo mejora sus propiedades sino también representa un ahorro de 16.06 soles por metro cubico representando un ahorro de 1.801%.

El estudio de Acuña y Pariona es pertinente para la investigación, ya que proporciona información sobre los efectos del plástico PET en las propiedades de la mezcla asfáltica y también ofrece una visión del aspecto económico al demostrar un ahorro significativo al incorporar PET en la mezcla.

**Tesis de pregrado realizado por Wilmer Lozada Goicochea y Fiorella**

**Yamile Montoya Abarca de la Universidad César Vallejo – Perú 2022.**

**“Adición de plástico reciclado PET para mejoramiento de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, Jaén, Cajamarca”.**

El **objetivo** de su investigación fue aumentar en la mezcla asfáltica sus propiedades mecánicas de la a través de la incorporación de PET. Empleó una **metodología** de tipo aplicado de diseño experimental y enfoque cuantitativo. 90 briquetas conformaron la **población** y **muestra** dónde 75 corresponde a las incorporaciones de 0.5, 1.5, 3.5 y 5.5% de PET; el instrumento utilizado fueron las fichas de laboratorio. Los **resultados** evidenciaron que, la estabilidad de la muestra con 5.5% de PET fue de 334 kg, con 0.5% de PET obtuvo 1042 kg, y la muestra control obtuvo 193 kg; asimismo, el flujo y porcentajes de vacíos de la muestra con 0.5% de PET cumple con los estándares planteados en la norma EG-2013 a diferencia de las otras incorporaciones que presentaron resultados desfavorables. Se llegó a **concluir** que, la incorporación de plástico reciclado PET en 0.5% consigue mantener las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, mientras que a mayores porcentajes de plástico las propiedades disminuyen.

La investigación de Lozada y Montoya resulta pertinente para nuestro estudio puesto que emplea como aditivo el plástico PET triturado como sustituto parcial del agregado total en distintos porcentajes que brindan un parámetro acerca de que dosificación es la más adecuada.

**Tesis de pregrado realizado por Cindy Jessica Agreda Licas de la Universidad César Vallejo – Perú 2020. “Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020”.**

Agreda (2020), en su estudio tuvo por objetivo demostrar la utilidad del plástico reciclado como agregado para mejorar el desempeño de un pavimento

flexible, el estudio fue tipo aplicado y experimental. La muestra se constituyó por 20 briquetas; el instrumento empleado fueron los ensayos de laboratorio. Obtuvo como resultados en estabilidad 1191.4 kg la muestra control, 1726.8 kg la muestra con 0.25% de PET, 1651.6 kg la muestra con 0.35% de PET y 1641.5 kg la muestra con 0.40% de PET; con respecto al % de vacíos se obtuvo 4.0 en la muestra control y con 0.25% de PET, 3.9 en las muestras con 0.35 y 0.40% de PET; finalmente, en cuanto a rigidez se obtuvo 3839 kg/cm en la muestra control, 3434 kg/cm la muestra con 0.25% de PET, 3679.7 kg/cm la muestra con 0.35% de PET y 3661.5 kg/cm la muestra con 0.40% de PET. Se llegó a concluir que, el porcentaje óptimo de PET para incorporar en la mezcla de asfalto es de 0.25% ya que logra mejorar su estabilidad en un 20.5% y su rigidez en 0.25%.

El estudio de Agreda contribuye con nuestra investigación puesto que emplea como aditivo el plástico PET reciclado en diferentes dosificaciones para mejorar la mezcla asfáltica, brindando a través de ensayos de laboratorio datos cuantificables acerca la eficacia de la mezcla modificada.

**Tesis de pregrado llevado a cabo por Elvira Milagritos Flores Barrios de la Universidad César Vallejo – Perú 2020. “Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo”.**

El **objetivo** del estudio fue determinar el efecto del plástico reciclado añadido a una mezcla asfáltica en caliente, la **metodología** de investigación tuvo un diseño experimental, teniendo como **muestra** 27 briquetas, se utilizó ensayos de laboratorio como instrumento. Como **resultados** obtuvo, para la muestra control, 3.5% de vacíos, 3.3 mm y 1276 kg estabilidad; en la muestra con 5% de plástico: 0.687% de vacíos, 2.20 mm en flujo y 1291 kg de estabilidad; la muestra con 5.5% de plástico

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

obtuvo: 0.932% de vacíos, 2.65 mm de flujo y estabilidad 1346 kg; finalmente, la muestra con 6% de plástico obtuvo: 0.231% de vacíos, 2.32 mm flujo y 1216 kg de estabilidad. Se llegó a **concluir** que, la mezcla con 5.5% de plástico tiene el mejor desempeño en cuanto a estabilidad mejorándola en un 5.49% en comparación a la mezcla patrón, además el flujo se redujo en 19.7%.

El estudio anterior resulta relevante para nuestra investigación ya que expone datos verídicos y actuales acerca del efecto positivo del aditivo PET reciclado sobre la mezcla asfáltica en remplazo parcial del árido fino, en base a normas de carácter nacional e internacional como el MTC y AASHTO.

**Tesis de pregrado realizado por Henry Daniel Escalante Hervias y Gilmer Hipólito Infantes Vásquez de la Universidad César Vallejo – Perú 2019. “Propiedades de la mezcla asfáltica con adición de residuos plásticos - Nuevo Chimbote, 2019”**

El **objetivo** de su estudio fue analizar como los residuos PET influyen en las propiedades de la mezcla asfáltica. La **metodología** fue experimental, 24 briquetas conformaron la **población y muestra**, el instrumento empleado fueron los ensayos de laboratorio. Los **resultados** señalan que, la muestra patrón obtuvo: 3.60% de vacíos, 0.37 mm en flujo, 1200 kg en estabilidad y 3243 kg/cm de rigidez; la mezcla con 3% de PET obtuvo: 4.1% de vacíos, 0.35 mm en Flujo, 1225 kg en estabilidad, 3549 kg/cm en rigidez; asimismo, la mezcla con 4% de PET: 3.5% de vacíos, 0.34 mm de flujo, 1310 kg en estabilidad y 3849 kg/cm de rigidez; finalmente la mezcla con 5% de PET: 5.5% de vacíos, 0.33 de flujo, 1419 de estabilidad y 4300 kg/cm de rigidez. Por otro lado, se registró una reducción de 14.43 soles por metro cúbico en el costo de la mezcla asfáltica al incorporar PET. El costo promedio de la mezcla convencional fue de 1481.48 soles. Se **concluyó** que, 4% de PET es el porcentaje

óptimo para adicionar a la mezcla asfáltica, ya que su estabilidad se ve incrementada y reduce ligeramente el % de vacíos y flujo, asimismo incrementa un 21% la rigidez en contraste con la muestra control, lo que indica una mayor resistencia a las deformaciones, además a ello el uso de PET constituye una reducción de 0.97% en los costos por metro cúbico.

El estudio anterior es pertinente debido a que brinda resultados cuantificables acerca del uso del PET obtenido de residuos en el diseño de una mezcla asfáltica; además, utilizo ensayos basados en las normas AASHTO, ASTM.

### 1.7.3. Antecedentes Locales

**Tesis de pregrado llevado a cabo por Cecilia Cruzado Molina de la Universidad César Vallejo – Perú 2021. “Análisis comparativo del Pavimento Flexible al aplicársele Residuos Plásticos Reciclados en la Avenida Los Arquitectos, Ancón, Lima, 2022”**

El **objetivo** de su estudio fue analizar el desempeño de un pavimento flexible al incorporar desechos plásticos. La **metodología** de estudio tuvo un enfoque cuantitativo, la **población** se conformó por 4,000 mts de la Av. Los Arquitectos y la **muestra** fue un tramo de 400 metros de dicha avenida. Se empleó la ficha de observación como instrumento, los **resultados** evidenciaron que la muestra control obtuvo 15 mm en flujo, 2280 lb de estabilidad y 4.2% de vacíos; la muestra con 2.5% de plástico obtuvo 14 mm de flujo, 2230 lb estabilidad y 4.6 % de vacíos; la muestra con 5% de plástico obtuvo, 13.2 flujo, 2420 lb estabilidad y 4.3 % de vacíos; la muestra con 7.5% de plástico obtuvo, 15.5 flujo, 2600 lb estabilidad y 6.9 % de vacíos y finalmente la muestra con 10% de plástico obtuvo, 16.7 flujo, 1370 lb estabilidad y 9.0 % de vacíos. Se llegó a **concluir** que, el porcentaje ideal de adición fue de 5% de plástico ya que logra mejorar su estabilidad en 6.14% y reducir el flujo.

El estudio anterior resulta relevante debido a que expone información acerca de la utilización del plástico reciclado contrastándolo con el desempeño de una mezcla tradicional empleando el método Marshall.

**Tesis de pregrado realizado por José Chochabot Prenón de la Universidad César Vallejo – Perú 2020. “Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabayllo – Lima - 2020”.**

El **objetivo** de su estudio fue diseñar un pavimento flexible con carpeta asfáltica optimizada mediante la incorporación de residuos plásticos (PET), la **metodología** tuvo un enfoque cuantitativo y de diseño no experimental. La **población** se constituyó por los pavimentos flexibles del distrito de Carabayllo y la **muestra** fue el pavimento flexible de la zona Valle Sagrado de Carabayllo, empleó como instrumento fichas de observación. Como **resultados** se obtuvo, para la mezcla control: 9.12% de vacíos, 3.71mm flujo, 1032 kg estabilidad y 3120 kg/cm el índice de rigidez, con incorporación de 1% de PET: 9.12% vacíos, 3.71mm flujo, 1032 kg estabilidad, índice de rigidez 3120 kg/cm; con incorporación de 3% de PET: 8.20% vacíos, 3.88mm flujo, 1128 kg estabilidad, índice de rigidez 3300 kg/cm; con la incorporación de 5% de PET: 12.3% vacíos, 4.31mm flujo, 1089 kg estabilidad, índice de rigidez 2490 kg/cm y finalmente con incorporación de 7% de PET: 15.10% vacíos, 4.36mm flujo, 1295 kg estabilidad, índice de rigidez 2990 kg/cm. Se llegó a **concluir** que el porcentaje óptimo de plástico es de 3% el cual mejora la resistencia a deformaciones en un 5.45% e incrementa su estabilidad y capacidad de soportar cargas en un 8.51% más en comparación a la mezcla control.

La tesis de Chochabot tiene relevancia para nuestra investigación, puesto que expone información precisa acerca de la eficiencia del Polietileno Tereftalato reciclado para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica para pavimento flexible.

**Tesis de pregrado realizado por Jherson Eduardo Ulloa Alvarado de la Universidad César Vallejo – Perú 2020. “Comportamiento de la Carpeta Asfáltica modificada con Filler Activo para la rehabilitación de la Avenida México en el Distrito de Comas, 2019”.**

El **objetivo** de su estudio fue determinar cómo afecta el Filler Activo en el desempeño del Pavimento Asfáltico para la renovación de la Avenida México en el Distrito de Comas en 2019, la **metodología** fue tipo aplicada y de diseño experimental. La **población** se constituyó por todos los modelos de mezclas asfálticas con Fillers Activos dentro del distrito de Comas y la **muestra** fue la mezcla asfáltica con Filler Activo para la avenida México, el instrumento que empleó fueron los ensayos de laboratorio. Los **resultados** que se obtuvo en la mezcla con cal hidratada al 0.5% fue: 1258.80KN estabilidad, 13.30mm flujo y 4.30% vacíos; en la muestra con cal hidratada al 1.5% fue: 1304 KN estabilidad, 12.80mm flujo y 3.90% vacíos; en la muestra Cemento 0.5% fue: 1296 KN estabilidad, 13.40mm flujo y 4.50% vacíos; finalmente la mezcla Cemento 1.5% fue: 13.28.2 KN estabilidad, 11.60mm flujo y 4.10% vacíos. Se llegó a **concluir** que, la estabilidad de la mezcla asfáltica aumenta con ambos aditivos cemento portland y cal hidratada, asimismo se destaca que la incorporación de 1.5% de cemento portland es la que mejor desempeño tuvo en cuanto a estabilidad.

El estudio anterior resulta relevante, debido a que expone información acerca de la modificación de la mezcla asfáltica con el fin de conseguir incrementar su vida útil, siguiendo los parámetros de la MTC EG 2013 y diseño Marshall.

**Tesis de pregrado realizado por Yossmel Pascual Benites Cruz de la Universidad César Vallejo – Perú 2020. “Incorporación del grano de caucho y plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Trapiche-Chillón, Lima 2019”.**

El **objetivo** de su estudio fue establecer la cantidad óptima de grano de caucho y plástico PET para optimizar las cualidades mecánicas de la mezcla asfáltica, la **metodología** de estudio tuvo un enfoque cuantitativo. 60 briquetas conformaron la **población y muestra**, el instrumento fueron las fichas de observación. Los **resultados** evidenciaron en cuanto a la incorporación caucho, el flujo 3.9 mm en la muestra control, 4.7mm con 3% y 6% de caucho y 5.4mm con 9% de caucho; en estabilidad 1466.8 kg muestra control, 1509.2 kg con 3% de caucho, 1436.4 kg con 6% de caucho y 1460.6 con 9% de caucho; en % de vacíos todas las muestra obtuvieron 4%; por otro lado, la muestra con incorporación de plástico, en flujo 3.70mm la muestra control, 3.67mm con 0.3% de PET, 3.64mm con 0.6% de PET y 3.61mm con 0.9% de PET; en estabilidad 1389.4kg la muestra control, 1402.9 kg con 0.3% PET, 1416.4 kg con 0.6% de PET y 1429.9 con 0.9% de PET; en % de vacíos 3.9% la muestra control, 4.08% con 0.3% de PET, 4.26% con 0.6% de PET y 4.44% con 0.9% de PET. Se llegó a **concluir** que el porcentaje óptimo de incorporación de grano de caucho es 3% y en el caso del plástico reciclado PET es 0.9%, el cual incrementa un 3% la estabilidad, en el caso del flujo se redujo un 2%, asimismo la relación estabilidad flujo se incrementó un 4%, lo que garantiza que la mezcla asfáltica sea más rígida y resistente a cargas mayores.

La investigación anterior es importante porque ofrece datos cuantificables sobre el impacto de materiales reciclados como el caucho y plástico PET para modificar la mezcla asfáltica consiguiendo mejoras en cuanto a estabilidad y flujo.

**Tesis de pregrado realizado por Bryan Manuel Bastidas Capcha y Ramirez Gómez Johan Lee de la Universidad César Vallejo – Perú 2019.**  
**“Estudio de la mezcla asfáltica en caliente adicionada con PET relacionado con el comportamiento de sus propiedades mecánicas, Lima-2019”.**

El **objetivo** de su estudio fue optimizar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente incorporando tereftalato de polietileno, la **metodología** fue tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y pre experimental. La **muestra** de estudio se constituyó de 60 briquetas, el instrumento fueron las fichas de ensayos. Los **resultados** obtenidos fueron, para la muestra patrón: 4.4 mm en flujo, 1538 kg estabilidad y 4.1% de vacíos; la muestra con 1% PET como reemplazo: 5 mm en flujo, 1427 kg estabilidad y 4.1% de vacíos; la muestra con adición de 1% de PET: 4.4 mm en flujo, 1479 kg estabilidad y 4.1% de vacíos; finalmente, la mezcla con adición de 1.5% de PET: 4.5 mm en flujo, 1357 kg estabilidad y 4.1% de vacíos. Se llegó a **concluir** que, la incorporación de plástico PET en 1% tiene mejor desempeño frente a las otras mezclas modificadas, a pesar de no lograr superar el desempeño en estabilidad de la mezcla control, mantiene los valores de flujo y % de vacíos de aire.

La investigación anterior es relevante dado que brinda información acerca de la modificación de la mezcla asfáltica con un aditivo plástico PET contrastándola con la mezcla tradicional.

## 1.8. Bases Teóricas

En cuanto a la variable dependiente, mezcla asfáltica, cabe mencionar que consiste en la combinación de material bituminoso y árido que se utiliza a menudo como superficie de pavimento. Las propiedades de la mezcla se determinan evaluando los resultados del diseño y las pruebas realizadas durante la mezcla y la compactación (Irwanto y Qadar, 2019).

Asimismo, Según Delgado (2020), menciona que, la mezcla asfáltica en caliente es la que se elabora a altas temperaturas, en una planta mezcladora permanente o móvil equipada con el equipo de calentamiento necesario, empleando cemento asfáltico y áridos pétreos. Este tipo de mezclas se clasifican a su vez en densas, abiertas y discontinuas, tipo SMA.

Por otro lado, Tamiru et al (2022), mencionan que el rendimiento de las mezclas asfálticas en caliente viene determinado principalmente por las propiedades de sus componentes: betún, filler y árido. Los fillers son materiales finos de diferentes clases, la mayoría de las cargas atraviesan un tamiz de 0,075 mm, y su integración en combinaciones de ligantes bituminosos y no bituminosos y áridos confiere propiedades distintivas a estas mezclas. Estos rellenos desempeñan un papel importante en la preparación del asfalto, tanto en lo que respecta a la composición de las mezclas como a sus propiedades físicas y mecánicas, ya que influyen en la trabajabilidad, la sensibilidad a la humedad, la rigidez y las características de envejecimiento de la mezcla asfáltica en caliente; un mayor porcentaje de relleno muy fino puede endurecer excesivamente la mezcla, dificultando su trabajabilidad y haciéndola propensa al agrietamiento.

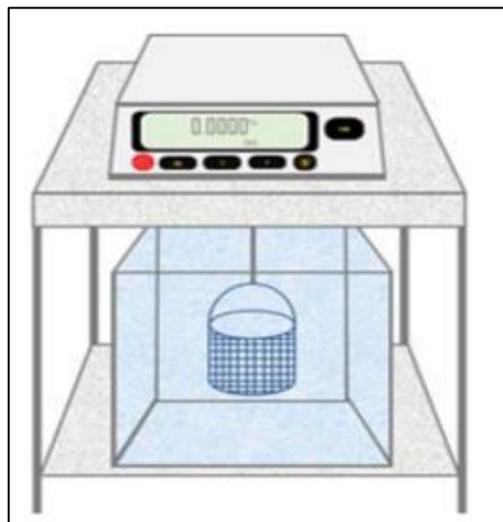
Así mismo es importante estudiar sus propiedades, tanto físicas como mecánicas. En primer lugar, se tiene a la densidad y al % vacíos. Según Wang et al. (2022), la densidad es uno de los principales parámetros que inciden de forma significativa en la

calidad y la vida útil de las mezclas asfálticas. Se trata de la relación masa por unidad de volumen. A pesar de que esta propiedad no se utiliza en el diseño de la mezcla, se utiliza para determinar el grado de compactación. Se clasifica como densidad estándar a la mezcla asfáltica compactada en laboratorio, sirviendo como referencia para los controles.

También, Isooba et al. (2021), mencionan que esta propiedad depende del número de vacíos; las mezclas con un porcentaje menor de vacíos exhiben una mayor densidad, mientras que aquellas con más vacíos resultan menos compactas. Una alta proporción de vacíos de aire confiere porosidad a la mezcla, facilitando el flujo del agua, pero también aumenta su vulnerabilidad ante la degradación, pues la presencia de aire promueve la oxidación del asfalto. Por otro lado, bajos porcentajes de vacíos son perjudiciales, ya que la carga del tráfico provoca la compresión del ligante y el asentamiento del asfalto en los espacios vacíos; si estos son escasos, el asfalto no puede ubicarse en el interior y puede emerger a la superficie, ocasionando exudación.

### **Figura 1**

*Peso de la muestra sumergida en agua*



Fuente: Ayala *et al.* (2018).

Con respecto al porcentaje de vacíos, Isooba *et al.* (2021), señalan que los vacíos de aire son pequeños espacios entre las partículas de árido en la mezcla compactada final. Estos son esenciales en las mezclas de pavimento asfáltico para permitir una compactación secundaria bajo el tráfico y permitir el flujo de pequeñas cantidades de asfalto durante la compactación posterior. La cantidad de vacíos de aire impacta la durabilidad de la mezcla, ya que una menor cantidad resulta en una menor permeabilidad. Estos vacíos de aire tienen un efecto significativo en el comportamiento del pavimento, contribuyendo al daño por fatiga bajo cargas repetidas y debilitando la resistencia de la mezcla, lo que puede llevar a la formación de macrofisuras en la superficie del pavimento.

Además, Guo *et al.* (2022), mencionan que, un exceso de vacíos de aire también puede provocar un envejecimiento excesivo y el aflojamiento de la mezcla, y la inmersión prolongada de un pavimento flexible en agua puede reducir significativamente su vida a la fatiga antes de que se alcance la vida de diseño. Por otra parte, la existencia de espacios de aire insuficientes en la mezcla provocará una pérdida de permeabilidad y problemas de obstrucción.

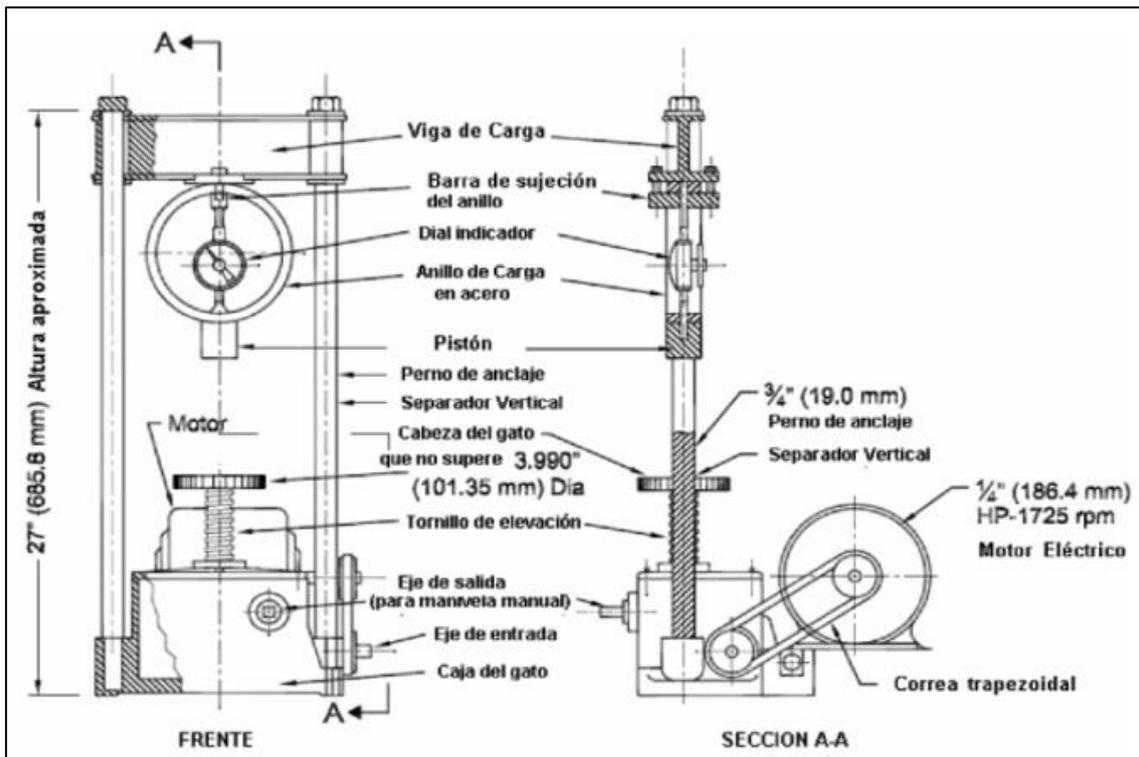
Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), es posible identificar el porcentaje de vacíos de una mezcla compactada con la siguiente fórmula:

$$V_a = 100 * \left( 1 - \left( \frac{\text{peso bulk}}{\text{peso teórico máximo}} \right) \right)$$

Con respecto a las propiedades mecánicas, se tiene a la estabilidad y flujo. Bojorque *et al.* (2019), mencionan que la estabilidad de la mezcla es reflejo de la cohesión y fricción interior, siendo la cohesión un indicador de la fuerza de unión del betún y la fricción interna una medida del entrelazamiento de los áridos y de la resistencia a la fricción.

**Figura 2**

*Máquina de carga a compresión*



Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2016).

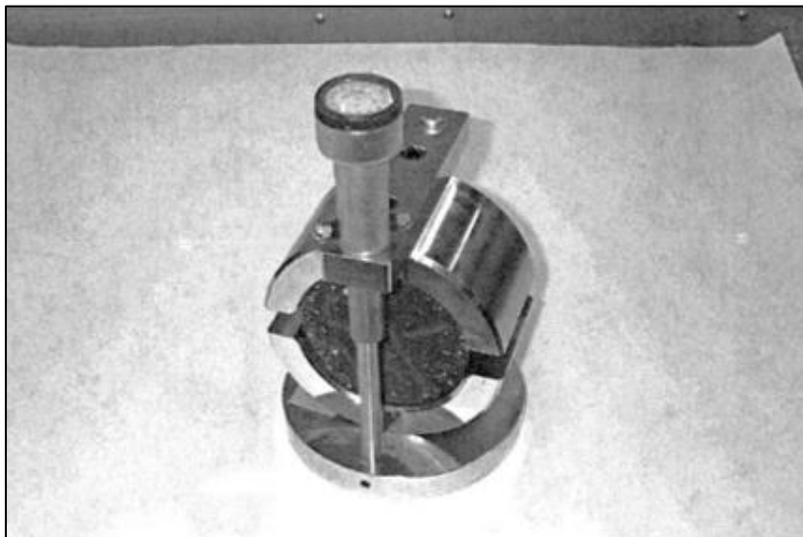
Por lo que se refiere a flujo, Bojorque *et al.* (2019), señalan que, esta propiedad constituye un indicador del grado de deformación que presenta la muestra. Por lo general, elevados valores de flujo indican que se trata de una mezcla plástica que sufrirá una deformación permanente sometida al tráfico, en tanto que cuando los valores son bajos pueden ser indicativos de una mezcla con huecos de tamaño superior al normal e insuficiente cantidad de asfalto que garantice su durabilidad, así como de la posibilidad de que se produzca la aparición prematura de grietas a causa del estado de fragilidad de la mezcla.

Además, Awan *et al.* (2022), indican que el flujo se considera una propiedad opuesta a la estabilidad. El flujo determina las características elastoplásticas del cemento

asfáltico, que se considera como la capacidad del cemento asfáltico para ajustarse a los movimientos graduales y al asentamiento en la subrasante sin agrietarse.

### Figura 3

#### *Flujómetro*



Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas – Ministerio de economía (2019)

En relación a la variable independiente, la fibra de tereftalato de polietileno se define como aquellas fibras obtenidas de botellas plástico de tereftalato de polietileno, el cual se compone de paraxileno proveniente del petróleo, etileno que deriva del gas natural líquido y que al contacto con el aire se oxida transformándose en etilenglicol. Aparte de ser usado como recipientes para bebidas, el PET se utiliza para cosméticos, medicamentos y cintas de vídeo, entre otras aplicaciones; asimismo, gracias a su alto contenido en carbono, oxígeno e hidrógeno, es muy resistente y ligero (Neira *et al.*, 2020).

Del mismo modo, Mohd *et al.* (2022), mencionan que el PET se produce como un polímero amorfo (transparente) y semicristalino, una fibra y resina sintética rígida y fuerte, y una familia de polímeros de poliéster; obtenido por la reacción de policondensación de etilenglicol y ácido tereftálico y un material termoendurecible con diversas aplicaciones como fibra unidimensional, capa bidimensional y red

tridimensional. El polímero de tereftalato de polietileno tiene propiedades físicas y químicas particulares, como tolerancia a la alta presión, resistencia a la interacción química, ligereza y alta flexibilidad. Asimismo, es un polímero termoplástico, lo que significa que se puede fundir y moldear repetidamente cuando se calienta; tiene una alta resistencia química, lo que lo hace resistente a la mayoría de los productos químicos; tiene buenas propiedades de barrera, lo que significa que evita la entrada de oxígeno, evitando la oxidación; es resistente a la humedad y al agua, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en ambientes húmedos.

De forma similar, Dhaka *et al.* (2022), señalan que el tereftalato de polietileno, está formado por ácido tereftálico (TPA) y etilenglicol (EG). Es un polímero de cadena larga  $(C_{10} H_8 O_4)_n$  perteneciente a la familia de los poliésteres, muestra naturaleza tanto amorfa (transparente) como semicristalina (opaca), la cadena principal del PET la constituyen grupos polares y anillos aromáticos, favoreciendo una mayor rigidez y estabilidad térmica del polímero. Por otro lado, el almacenamiento del PET requiere un lugar fresco y seco para prevenir la degradación causada por la humedad y la exposición a la luz solar; su producción se realiza en instalaciones industriales a gran escala mediante la polimerización de los monómeros, tereftalato de dimetilo y etilenglicol, creando cadenas de polímeros; en cuanto a sus condiciones de uso proyectadas en masa, el PET se destaca por su amplio espectro de aplicaciones, desde la fabricación de botellas de plástico y fibras textiles hasta láminas, películas, envases y envoltorios. Su versatilidad le permite adaptarse a las necesidades específicas de diversas industrias, desde la textil hasta la de envases, y su empleo se proyecta según la demanda de cada aplicación, destacándose como un material esencial en numerosos sectores.

**Figura 4**

*Fibra de Tereftalato de polietileno*



Fuente: Cobos y Valle (2021)

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

De acuerdo con Gutiérrez (2021), la investigación aplicada se centra en objetivos pragmáticos y tangibles, capaces de abordar un problema de manera rápida y cuyas ventajas se perciban de inmediato. De esta manera, permite la aplicación de las teorías aprendidas a través de la práctica en beneficio de las partes involucradas en el problema o fenómeno, así como el desarrollo de nuevos conocimientos que fortalezcan las áreas del conocimiento. En este contexto, el propósito de la investigación radica en la aplicación inmediata de los datos obtenidos.

Considerando lo anteriormente expuesto, el estudio será de tipo aplicado, puesto que tiene como propósito hacer uso de conocimientos teóricos y aplicarlos a fin de dar solución a problemas y lograr una alternativa de diseño y construcción de pavimentos flexibles con incorporación del tereftalato de polietileno.

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

La modificación del fenómeno estudiado es el principal objetivo del diseño experimental. Los investigadores pueden cambiar una o más variables de estudio para examinar los efectos de su aumento o reducción sobre el comportamiento que se está observando (Guevara et al., 2020).

El estudio en cuestión, es de diseño experimental, puesto que en el desarrollo se manipularon las variables con el fin de evaluar el efecto del tereftalato de polietileno en la mezcla asfáltica.

Del mismo modo, un sub-diseño de la investigación experimental es el cuasi-experimental, en el cual, la variable independiente se divide en dos grupos, el grupo

experimental y el grupo de referencia, que no sufre ninguna modificación. Además, la variable dependiente será medida de igual forma en los dos grupos. En otras palabras, tras la intervención, ambos grupos se someten a una prueba utilizando los mismos instrumentos, con el propósito de comparar y evaluar los efectos de la intervención (Ramos, 2021).

Es así que, la investigación contó con un diseño cuasi experimental, puesto que se realizaron pruebas en un grupo experimental que incorpora el tereftalato de polietileno en diversas proporciones, mientras que se estableció un grupo de control que no incorporó dicho aditivo plástico.

Los estudios de nivel explicativo, estudian los niveles superficial y profundo de los datos para obtener una explicación exhaustiva del fenómeno en los datos. Se utilizan para encontrar un patrón para un fenómeno en complejos casos casuales (Taherdoost, 2021). El estudio fue de nivel explicativo, ya que explica el desempeño de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica (variable dependiente) cuando se añade fibra de tereftalato de polietileno (variable independiente).

El enfoque cuantitativo recibe este nombre porque se ocupa de fenómenos que pueden ser medidos mediante el uso de métodos estadísticos destinados al análisis de los datos recopilados. Su propósito radica en la descripción, explicación, predicción y control objetivos de las causas de un fenómeno, así como en predecir su aparición a través de su divulgación. Sus conclusiones se basan en el riguroso empleo de medidas o cuantificaciones, tanto en la recolección como en la interpretación de los resultados (Sánchez, 2019)

Es así que, se empleó una técnica cuantitativa, ya que el escenario de la investigación prevista ofrecía características mensurables que permitían contrastar las hipótesis propuestas.

## 2.2. Variables y operacionalización

Una variable se operacionaliza cuando su significado conceptual, que permite una comprensión abstracta de los fenómenos, se transforma en una definición operativa (indicador) basada en protocolos, normas y métodos de medición de la idea observable mediante instrumentos (Rodríguez *et al.*, 2021).

Las variables son las características de los elementos de estudio, abarcando aspectos tangibles e intangibles. Se dividen en dos tipos: independientes, que reflejan causas, y dependientes, que señalan resultados o respuestas. En síntesis, una variable denota una característica mensurable susceptible de cambiar durante la experimentación (Rodríguez *et al.*, 2021).

En la presente investigación se utilizaron las variables indicadas a continuación:

**Variable Independiente:** Fibra de PET

**Definición conceptual:** La fibra de tereftalato de polietileno son aquellas fibras obtenidas de botellas plástico de tereftalato de polietileno. Este material también llamado PET se compone de paraxileno, el cual proviene del petróleo, etileno que deriva del gas natural líquido y que al contacto con el aire se oxida transformándose en etilenglicol.

### Propiedades del PET:

**Durabilidad:** Resistente a la degradación mayor durabilidad en el asfalto.

**Resistencia al agrietamiento:** Reduce la formación de las grietas mejorando la vida útil de la carretera.

**Resistencia térmica:** El pet puede fortalecer las propiedades térmicas del asfalto aumentando su resistencia a las fluctuaciones de temperatura.

**Fatiga:** Resistencia moderada a la fatiga, puede soportar ciclos de carga y descarga sin experimentar fallas.

**Tenacidad:** Capacidad para absorber energía antes de la ruptura.

(Neira et al., 2020).

**Definición operacional:** La fibra de tereftalato de polietileno se incorpora proporcionalmente a la mezcla en dosis de 4%, 6% y 8% para la elaboración de las briquetas con el objetivo analizar su efecto en las propiedades de la mezcla.

Dichos porcentajes, fueron elegidos en base a los antecedentes estudiados, los cuales se muestran en la tabla siguiente.

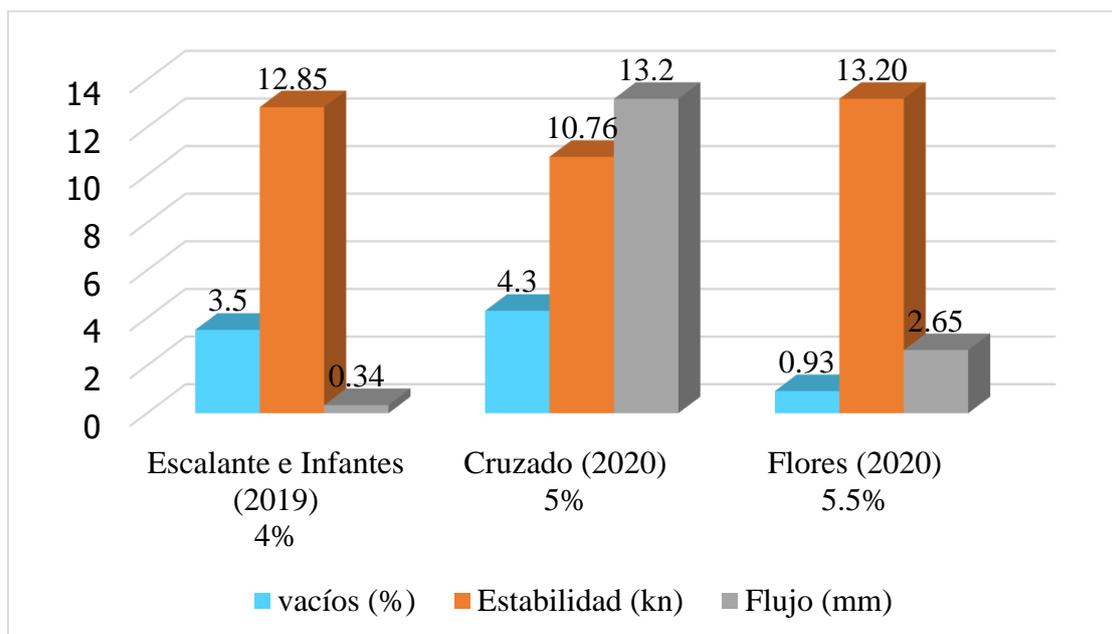
**Tabla 1**

*Porcentajes óptimos en los antecedentes*

	Vacíos (%)	Estabilidad (kn)	Flujo (mm)	% de adición
Escalante e Infantes (2019)	3.5	12.85	0.34	4%
Cruzado (2020)	4.3	10.76	13.2	5%
Flores (2020)	0.93	13.20	2.65	5.5%

**Figura 5**

*Porcentajes óptimos en los antecedentes*



En la presente investigación, se adoptó la estrategia de examinar los porcentajes de adición del 4%, 6%, y 8% de fibra de tereftalato de polietileno (PET) en la mezcla asfáltica, decisión fundamentada en una serie de consideraciones. En primer lugar, la elección de estos valores se basó en su alineación con los porcentajes utilizados en estudios anteriores, facilitando así una comparación exhaustiva y significativa. Esta coherencia con la literatura previa no solo enriquece el entendimiento general, sino que también proporciona un marco de referencia valioso para evaluar la efectividad de los porcentajes seleccionados. En segundo lugar, la exploración tanto de concentraciones inferiores como superiores se diseñó con el objetivo de identificar la proporción óptima que pudiera manifestar mejoras notables en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica. Este enfoque amplio y holístico contribuye a una comprensión más completa de los límites y potenciales de la adición de PET. En tercer lugar, la inclusión de diferentes porcentajes en el estudio no solo amplía la base de conocimientos, sino que también proporciona una muestra más representativa, permitiendo así la formulación de decisiones más informadas sobre la viabilidad y sostenibilidad del uso de materiales reciclados en obras de pavimentación. En suma, la elección de estos porcentajes se erige como un enfoque meticuloso y completo destinado a explorar a fondo el impacto del PET en la mejora de las mezclas asfálticas y, por ende, en el desarrollo sostenible de la infraestructura vial.

**Variable Dependiente:** Mezcla asfáltica.

**Definición conceptual:** Consiste en la combinación de material bituminoso y árido que se utiliza a menudo como superficie de pavimento. Las propiedades de la mezcla se determinan evaluando los resultados del diseño y las pruebas realizadas durante la mezcla y la compactación (Irwanto y Qadar, 2019).

**Definición operacional:** La mezcla asfáltica en caliente será ensayada con fibra de PET, de forma que, sus propiedades mecánicas y físicas se modificarán. En el marco de este estudio, se realizarán pruebas de Marshall para las cuatro composiciones predeterminadas (sin fibra, 4%, 6% y 8% de contenido de fibra) con el fin de determinar la reducción de porcentaje de vacíos, flujo y estabilidad en las cuatro composiciones.

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. Población**

Se trata del compendio de todos los elementos o unidades experimentales constituidas por objetos o seres vivos que tienen en común una o varias características mensurables. Una población puede ser finita y, por tanto, fácil de contar, o puede ser infinita y, por tanto, difícil de contar (Gavilánez, 2021).

Es así que, para el estudio se ha tomado como población a todas las briquetas realizadas en Av. Canta Callao, departamento de Lima las cuales serán elaboradas mediante la norma MTC E-505 que será empleada para determinar el % de vacíos; así como la norma MTC E-504 que será empleada para la determinación del flujo y la estabilidad.

### **2.3.1. Muestra**

Una muestra, tal y como se utiliza en estadística, es un subgrupo de la población con datos disponibles, esencialmente, medidas que representan una porción de esta. Los datos recopilados de la muestra permiten realizar inferencias sobre toda la población (Gavilánez, 2021).

Para la investigación en cuestión se consideró 40 briquetas, de las cuales 25 corresponden a las muestras para el diseño de mezcla asfáltica (4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%) de C.A. y 15 para la muestra asfáltica con la adición de PET en 4%, 6% y 8%.

Además, cabe señalar que esta cantidad cumple con el requisito mínimo de especímenes establecido por la normativa MTC E-504.

**Tabla 2**

*Número de briquetas para la muestra sin adición de PET*

ENSAYO	N+4% CA	N+4.5% CA	N+5%CA	N + 5.5%CA	N + 6%CA	TOTAL
Estabilidad y Flujo Marshall - % de vacíos	5	5	5	5	5	25

En la tabla 2, se visualiza el número de briquetas para la muestra sin adición de PET.

**Tabla 3**

*Número de briquetas para la muestra con adición de PET*

ENSAYO	N + 4%	N + 6%	N + 8%	TOTAL
Estabilidad y Flujo Marshall - % de vacíos	5	5	5	15

En la tabla 3, se visualiza el número de briquetas para la muestra con adición de PET.

### 2.3.3. Muestreo

Se trata de una técnica esencial destinada a ayudar al investigador en la selección de una muestra representativa y a orientarle acerca de la dimensión de la misma a fin de garantizar el nivel deseado de confianza en la generalizabilidad y conclusiones. Los métodos de muestreo no probabilístico emplean una estrategia en la cual la selección de la muestra se basa en el criterio subjetivo del investigador (Berndt, 2020).

Acorde a la descripción previa, el muestreo será no probabilístico porque no implica la aplicación de cálculos estadísticos, ya que para la realización de los ensayos se tomarán criterios de las normas vigentes MTC E.504 y MTC E.505; por lo que, la toma de muestras se realizará bajo el propio criterio de los investigadores.

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

### **Técnica de recolección de datos**

La técnica de observación es una forma de recopilar datos que, por lo general, consiste en llevar un registro de lo que se observa mientras se estudia. Incluye todos los métodos utilizados en las ciencias sociales para recoger y registrar los hechos y datos objeto de investigación, así como para investigar las fuentes de las que proceden. Esto nos ayuda a comprender mejor la realidad (Piza *et al.*, 2019).

En consecuencia, la investigación hará uso de la observación directa, lo que permitirá conocer con mayor precisión y detalle los resultados de las pruebas que se llevarán a cabo en el laboratorio, las pruebas se realizarán de acuerdo con las dosificaciones propuestas a fin de conocer el % de vacíos, fluidez y estabilidad, logrando así concretar los objetivos planteados.

### **Instrumento de recolección de datos**

Los instrumentos constituyen los elementos empleados para la obtención de datos sobre la realidad que se estudia. Asimismo, la técnica de observación requiere de instrumentos que permitan documentar lo que se observa del grupo con el fin de identificar componentes de relevancia para la investigación; para ello se puede utilizar la lista de cotejo, registros temporales y generales, fichas de datos, guías de observación, entre otros (Useche *et al.*, 2019).

Dada la importancia de los instrumentos para cualquier estudio ya que permiten un examen preciso y con más claridad de lo que se va a investigar; para la presente investigación, se elaboraron fichas técnicas que posibilitan la documentación de los hallazgos.

## Validez

Independientemente de la metodología, la validez es un componente crucial de cualquier tipo de estudio porque confiere certeza y legitimidad al instrumento utilizado, dicho de otro modo, un instrumento validado asegura resultados genuinos y honestos para todas las unidades de estudio que medirá, lo que garantiza una medición precisa y fiel a su objetivo (Useche *et al.*, 2019).

Dado que la obtención de datos precisos es crucial, será necesario realizar una validación para respaldar el estudio. Por consiguiente, se recurrirá al juicio de expertos, donde se consideró a 1 especialista de la rama, a fin de que puedan corroborar y brindar una evaluación sobre si el instrumento cumple con los criterios necesarios para su aplicación.

## Tabla 4

### *Dictamen de expertos*

Nº	Grado académico	Apellidos y nombres	CIP Nº	Dictamen
01	Ingeniero Civil	José Alexander Ordoñez Guevara	138462	

## Confiabilidad

El grado de sensibilidad de un instrumento a los cambios o fluctuaciones (entre evaluadores u observadores de la variable) se determina aplicando el mismo instrumento a los mismos agentes y en las mismas circunstancias. Es decir, un instrumento se considera fiable si produce sistemáticamente los mismos resultados cuando se vuelve a utilizar en condiciones similares, en la medida de lo posible, a las de su uso inicial.

En consecuencia, para evaluar la fiabilidad se utilizará un elemento de control como, la certificación de calibración de los equipos del laboratorio en el que se efectuarán las pruebas:

- Certificado de calibración del equipo para determinar el % de vacíos
- Certificado de calibración del equipo para determinar la Estabilidad y flujo

## 2.5 Procedimientos

### Primera etapa: Obtención de materiales

En la fase inicial, se adquirieron los materiales necesarios para las posteriores pruebas de laboratorio. En primer lugar, se realizó la recolección y reciclado de botellas de tereftalato de polietileno y una vez alcanzada la cantidad requerida de botellas, se procedió a realizar una serie de pasos para prepararlas adecuadamente antes de su utilización.

### Figura 6

#### *Recolección de PET reciclado*



En un esfuerzo por garantizar la calidad y pureza de la materia prima, se llevó a cabo la remoción meticulosa de tapas y etiquetas, ya que cualquier contaminante podría afectar negativamente el resultado de las pruebas. A continuación, se sometieron las botellas a un proceso exhaustivo de lavado, utilizando técnicas y soluciones adecuadas

como el bicarbonato, vinagre y agua caliente para eliminar cualquier tipo de impureza o residuo que pudieran contener, asegurando así la obtención de una fibra de tereftalato de polietileno limpia y de alta calidad.

### Figura 7

*Remoción de etiquetas y lavado de las botellas*



El siguiente paso fue el proceso de trituración de las botellas de forma manual, esta etapa se llevó a cabo con precisión para obtener la fibra de tereftalato de polietileno en la forma deseada.

### Figura 8

*PET triturado*



Asimismo, se adquirió el asfalto PEN 60/70 a través de un proveedor local, lo que permitió asegurar su disponibilidad y calidad. Una vez reunidos todos los materiales

necesarios, se tomó especial atención en su adecuado almacenamiento. Se habilitó un entorno específico para conservarlos de forma óptima, garantizando que se mantuvieran en condiciones idóneas para su uso en las etapas siguientes de la investigación en cuestión.

### **Segunda etapa:** Caracterización de los materiales

Se procedió con la caracterización exhaustiva de los materiales recopilados. Para ello, se llevaron a cabo pruebas en el laboratorio designado, centradas en la muestra de suelo de préstamo similares a la de la avenida Canta Callao.

Estas pruebas comprendieron la realización del cuarteo de la muestra de suelo una técnica que permitió obtener una porción más homogénea para su posterior análisis granulométrico, el cual consistió en someter la muestra a tamizado mediante una serie de mallas de diferentes tamaños para separar las fracciones de arena, limo y arcilla.

### **Figura 9**

*Proceso de tamizado*



Una vez completado el tamizado, se procedió a pesar cada fracción retenida en las mallas para calcular los porcentajes acumulados de material retenido. Finalmente, con estos datos, se graficó la curva granulométrica para obtener una visualización clara de la distribución de tamaños de partículas presentes en el suelo analizado.

### **Figura 10**

*Pesado del material retenido en cada malla*



### **Tercera etapa: Diseño de mezcla**

Antes de dar inicio al proceso de elaboración de las briquetas, fue imprescindible llevar a cabo una cuidadosa planificación del diseño de la mezcla, asegurando la calidad y eficiencia del producto final.

Para ello, se determinó el porcentaje óptimo de asfalto PEN 60/70 que se utilizará en la fabricación de las briquetas. Posteriormente, se estableció la dosificación adecuada de agua para lograr la consistencia y cohesión requerida en la mezcla. También se dosificó el agregado grueso en 42% y el agregado fino en 58%. Asimismo, se definió con precisión la proporción de fibra de tereftalato de polietileno que será incorporada al volumen total de la mezcla, considerando diferentes opciones de dosificaciones, tales como 4%, 6% y 8%.

**Figura 11**

*Diseño de la mezcla*



#### **Cuarta etapa: Elaboración de las unidades a ensayar**

Una vez obtenido la dosificación de los agregados que se usarán en el diseño de la mezcla asfáltica, se procedió a elaborar las briquetas tanto las que incorporan el aditivo plástico como las que no.

Inicialmente, se procedió a calentar el cemento asfáltico y los agregados por separado, para asegurar que estén en el estado adecuado para la mezcla. Una vez alcanzada la temperatura óptima, se mezclaron uniformemente con el aditivo plástico según la dosificación requerida para cada espécimen.

**Figura 12**

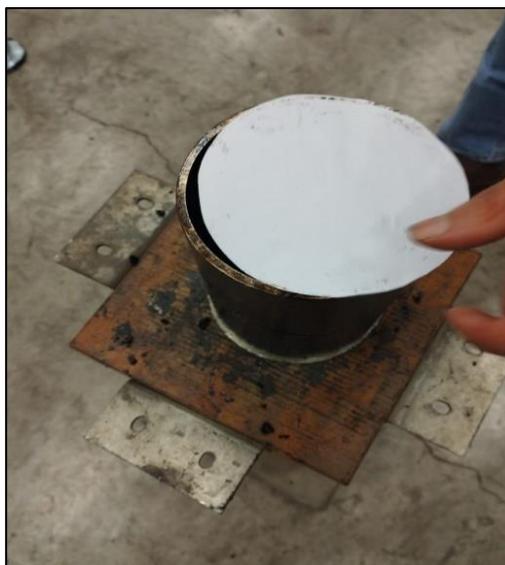
*Incorporación del aditivo plástico triturado*



Posteriormente, la mezcla resultante se vertió en moldes preparados para el proceso. Para evitar que la mezcla asfáltica se adhiriera al molde y asegurar un desmoldado exitoso, se coloca un papel filtro en la base del molde. En cada molde se coloca la mezcla y, utilizando un martillo, se compacta para eliminar el aire y garantizar una alta densidad en las briquetas. Después de compactar un lado, se voltea el molde para continuar compactando el otro lado, asegurando una distribución uniforme de la mezcla.

**Figura 13**

*Preparación del molde*



**Figura 14**

*Proceso de verter la mezcla en moldes*



**Figura 15**

*Compactación*



Una vez que la compactación está completa, se permite que las briquetas reposen en los moldes para permitir un proceso de enfriamiento y endurecimiento. Después de este tiempo de reposo, se procede al desmoldado de las briquetas. Para facilitar este

proceso, se utiliza una gata hidráulica, que proporciona la fuerza necesaria para extraer las briquetas del molde sin dañar su estructura.

**Figura 16**

*Proceso de desmoldado*



Finalmente, se obtienen las briquetas asfálticas listas para su uso o para someterlas a pruebas y ensayos que permitan evaluar sus propiedades.

**Figura 17**

*Briquetas*



### Quinta etapa: Ensayo de las briquetas para la obtención de datos

Finalmente, en la etapa final, tras dejar que los especímenes se enfríen a temperatura ambiente luego de la compactación. Se procedió con los ensayos propios del estudio los cuales son especificados a continuación.

Ensayo para calcular el % de vacíos: Se realizó un cuidadoso registro del peso de la briketa en una balanza de alta precisión para obtener el peso en estado seco.

#### Figura 18

*Peso seco y saturado*



Luego de ello, la briketa se sumergió completamente en agua durante unos minutos para asegurar que el agua penetre en los poros y espacios vacíos de la mezcla asfáltica. Tras ello se procedió a pesar la briketa sumergida. Finalmente, con los datos obtenidos se calculó el % de vacíos.

Se realizó el mismo procedimiento tanto para las briquetas convencionales, es decir, sin incorporación, como también, para las briquetas con la adición del 4%, 6% y 8% del aditivo plástico.

Asimismo, en cuanto a los ensayos para la determinación de la Estabilidad y Flujo se realizó la medición de la altura y el diámetro de la briqueta con un calibrador digital. Además, se procedió a pesar y registrar su peso en una balanza de precisión todo ello para obtener su densidad aparente.

### Figura 19

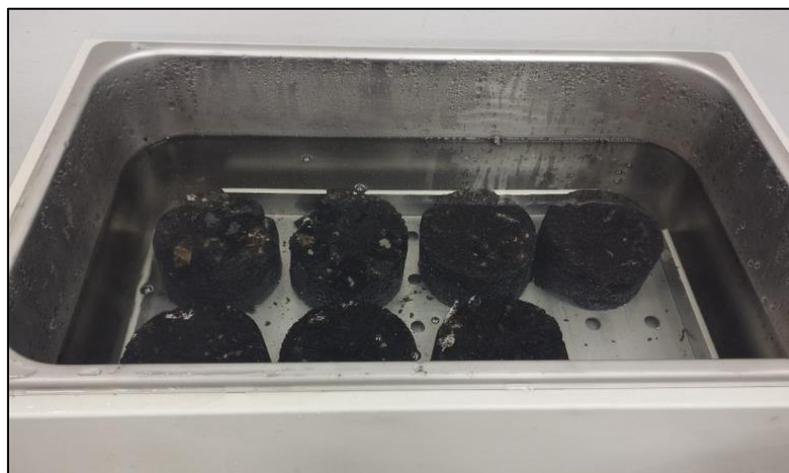
*Registro de altura y diámetro*



Asimismo, las muestras se acondicionaron para obtener una temperatura uniforme, para ello se sumergieron en agua a una temperatura de 60° centígrados 30 minutos.

### Figura 20

*Briquetas sumergidas en agua a temperatura de 60° C*



Seguidamente, se retiró la briqueta del baño y con ayuda de un paño se removió el exceso de agua para luego ser colocada en el equipo Marshall previamente calibrado y limpiado en donde se le aplicó una carga axial y se comprimió hasta su deformación o fallo, registrándose la carga máxima que puede soportar y el flujo.

## Figura 21

### *Ensayo Marshall*



## 2.6. Método de análisis de datos

Es crucial destacar que el análisis de datos se considera el tratamiento adecuado de las técnicas para organizar y analizar la información que permitirá comprender los fenómenos investigados. Dado que los datos representan una elaboración conceptual de la información adquirida, un proceso llevado a cabo por el investigador, su procesamiento e interpretación precisos son cruciales para alcanzar los objetivos del estudio (Crespo *et al.*, 2019).

Partiendo de lo anterior, se realizará la ilustración del comportamiento y las características de la muestra a través de los programas Excel y Word, del mismo modo

con los datos que el laboratorio brinde por medio de los ensayos de % de vacíos, estabilidad y flujo conforme a la norma MTC E-505 y de la MTC E-504, que nos facilitan los datos complementarios imprescindibles para el preparado del pavimento flexible en caliente.

## **2.7. Aspectos éticos**

La ética es el espejo del propio modelo de vida de una persona, incluidas sus actividades, comportamientos y actos, donde la razón es esencial para ayudar a las personas a comprender, justificar y analizar las cuestiones morales. Por ello, los aspectos éticos consisten en analizar el interés personal y el agrado o desagrado, teniendo en cuenta no sólo los derechos del individuo, sino también su responsabilidad hacia los demás y el hecho de que el interés personal no supere al interés público (Taggart y Zenor, 2022).

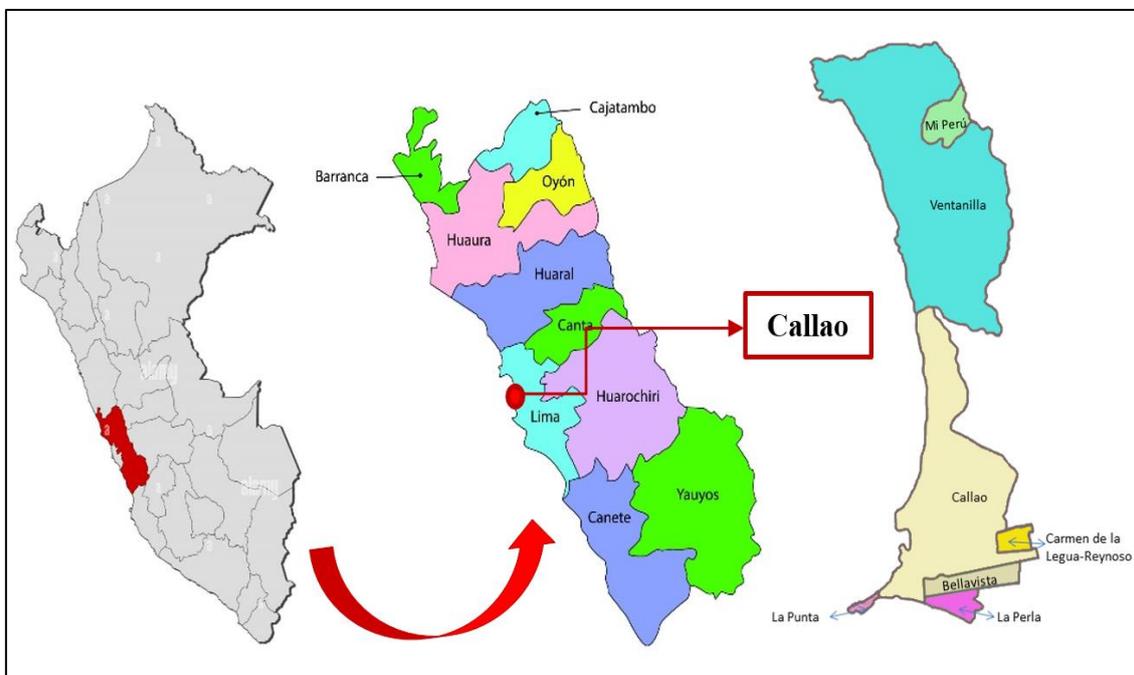
En nuestra calidad de estudiantes de Ingeniería de Civil de la UPN, nos sentimos en la obligación de realizar esta investigación con la mayor honestidad y transparencia, confirmando nuestra dedicación y lealtad a las políticas de la Universidad. Asimismo, prometemos que el material del estudio será adecuadamente reconocido mediante el uso de citas bibliográficas. De forma similar, nos comprometemos, como investigadores a asumir la responsabilidad de los hallazgos del laboratorio y a tratar de mejorar la nación preservando y protegiendo el medio ambiente. Es por ello que a través de una herramienta que permite comprobar la originalidad del trabajo, se llevara a cabo el análisis todos los materiales presentados para este proyecto.

### Descripción de la zona de estudio

En el estudio realizado, se evaluó un tramo específico de la Av. Canta Callao, perteneciente a la provincia constitucional del Callao en Lima. Este tramo estuvo conformado desde la intersección de la Av. Canta Callao con la Av. Pacasmayo hasta la Av. Canta Callao con la Av. Izaguirre en donde se evidencian ahuellamientos.

**Figura 22**

*Ubicación de la zona de estudio*



En la figura 22 se observa la ubicación de la zona de estudio, la cual fue determinada como la Av. Canta Callao.

**Figura 23***Estado actual del tramo en estudio*

La figura 23 representa el estado actual de un tramo en la Avenida Canta Callao, desde la intersección con la Avenida Pacasmayo hasta la Avenida Izaguirre. Se observan problemas de superficie, como ahuellamientos (hundimientos) y una textura de piel de cocodrilo que indican un deterioro en la carretera, posiblemente debido al desgaste y tráfico constante.

### **Análisis granulométrico del agregado fino**

Este método permitió determinar el volumen de partículas de suelo que pasaron a través de las mallas estándar de acuerdo con la norma ASTM D422. Tras el cuarteo del material para obtener una muestra representativa, se procedió a realizar el tamizado y se determinó el porcentaje retenido en cada tamiz, lo cual se expone en la siguiente tabla.

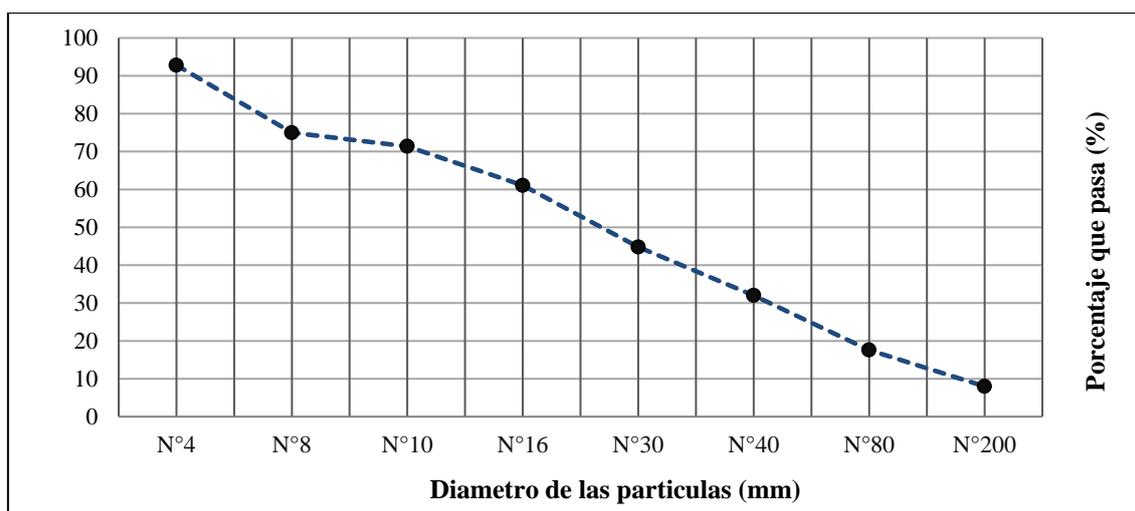
**Tabla 5**

*Análisis granulométrico del agregado fino*

TAMIZ	ABERTURA (MM.)	PESO		
		RETENIDO (GRS.)	RET. (%)	PASA (%)
N° 4	4.760	71.89	7.19	92.81
N° 8	2.380	178.25	17.83	74.99
N° 10	2.000	36.01	3.60	71.39
N° 16	1.190	103.12	10.31	61.07
N° 30	0.590	162.76	16.28	44.80
N° 40	0.297	127.97	12.80	32.00
N° 80	0.149	144.00	14.40	17.60
N° 200	0.074	96.00	9.60	8.00
FONDO		80.00	8.00	0.00
TOTAL		1000.00		

**Figura 24**

*Curva granulométrica del agregado fino*



El análisis granulométrico del agregado fino para la mezcla asfáltica muestra que la mayoría de las partículas de arena se encuentran retenidas en los tamices de tamaño N° 4, N° 8, N° 10 y N° 16, representando un 92.81%, 74.99%, 71.39% y 61.07% de pasante, respectivamente. A medida que aumenta el tamaño del tamiz, el porcentaje de partículas que pasa disminuye, mostrando una gradación bien distribuida. Los tamices N° 30, N° 40, N° 80 y N° 200 tienen tasas de pasante de 44.80%, 32.00%, 17.60% y 8.00%, respectivamente, indicando un contenido adecuado de partículas finas y gruesas en la mezcla asfáltica. El porcentaje de fondo es nulo (0.00%), lo que sugiere que no se han detectado partículas de tamaño inferior al tamiz N° 200 en la mezcla asfáltica. Estos resultados son fundamentales para garantizar la calidad y durabilidad del pavimento en la Av. Canta Callao y optimizar el diseño de la mezcla asfáltica en futuros proyectos de construcción vial.

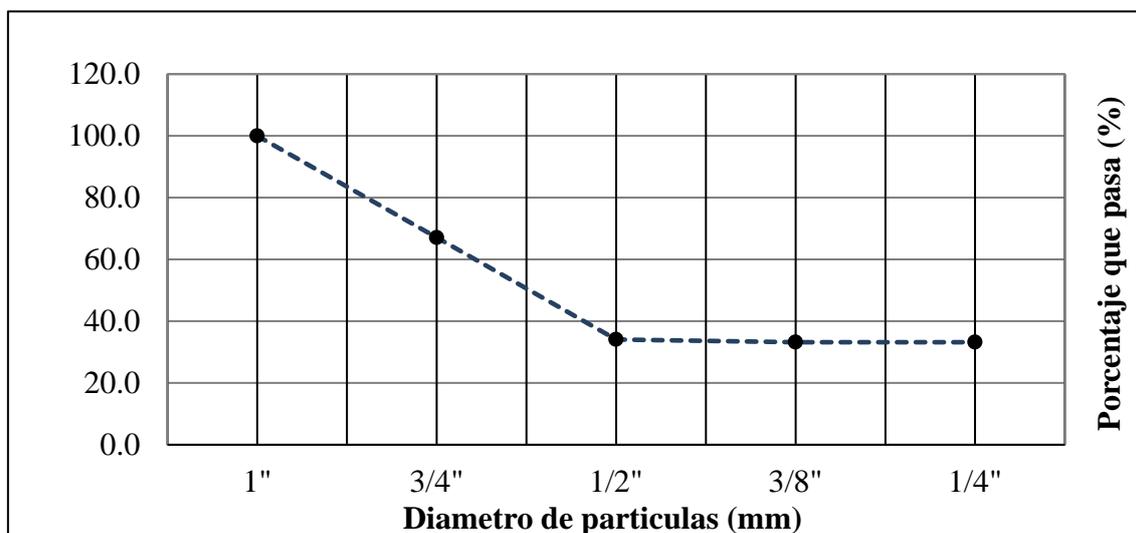
**Tabla 6**

*Análisis granulométrico del agregado grueso*

TAMIZ	ABERTURA (MM.)	PESO		
		RETENIDO (GRS.)	RET. (%)	PASA (%)
1"	25	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	658.10	32.91	67.10
1/2"	12.5	659.89	32.99	34.10
3/8"	9.5	18.01	0.90	33.20
1/4"	6.3	0.00	0.00	33.20
FONDO		664	33.20	0.00
TOTAL		2000.00		

**Figura 25**

*Curva granulométrica del agregado grueso*



El análisis granulométrico del agregado grueso muestra la distribución de tamaños de partículas en la muestra. El tamiz de 1" tiene un 100.00% de partículas que pasan, lo que indica que todas son más pequeñas que ese tamaño. En el tamiz de 3/4", el porcentaje de partículas que pasa es del 67.10%, mientras que en el tamiz de 1/2" es del 34.10%. El tamiz de 3/8" muestra un porcentaje de pasante del 33.20%, igual que el tamiz de 1/4". El fondo del agregado grueso no contiene partículas retenidas, lo que indica que todas son más pequeñas que el tamiz de 1/4". Estos datos son fundamentales para ajustar la proporción de agregados en la mezcla de asfalto, garantizando una adecuada gradación y cumplimiento de las especificaciones en la construcción de la Av. Canta Callao.

**De la mezcla asfáltica:**

La obtención del óptimo contenido de asfalto es un proceso fundamental en el desarrollo y mejora de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles. Para determinar este contenido óptimo, se llevaron a cabo diversos ensayos variando el porcentaje de PEN 60/70 agregado en cada caso, en un rango comprendido entre 4% y 6%. Estos ensayos se basaron en una cuidadosa selección de la zona donde se realizaron, considerando las

especificaciones de la mezcla en caliente utilizada. Los resultados de estos ensayos proporcionaron datos cruciales sobre las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas, permitiendo identificar la combinación óptima de asfalto y aditivo para lograr un pavimento flexible de alta calidad y rendimiento duradero. La determinación del contenido de asfalto óptimo fue un paso crítico que aseguró la resistencia, durabilidad y capacidad portante del pavimento en la zona de estudio.

En el diseño de la mezcla, se utilizó un 58% de agregado fino (arena) y un 42% de agregado grueso (grava triturada). La combinación de estos agregados en la mezcla asfáltica puede influir en sus propiedades físicas y mecánicas.

**Tabla 7**

*Estabilidad de la mezcla asfáltica sin PET*

<b>Estabilidad (kg)</b>					
<b>Muestra</b>	<b>4% CA</b>	<b>4.5% CA</b>	<b>5% CA</b>	<b>5.5% CA</b>	<b>6% CA</b>
1	2149	2247.60	2271	2181	1990
2	2126	2233.34	2281	2172	1995
3	2140	2228.59	2286	2190	1999
4	2131	2238.09	2295	2199	2004
5	2163	2223.83	2267	2204	2008
<b>Promedio</b>	<b>2142</b>	<b>2234</b>	<b>2280</b>	<b>2189</b>	<b>1999</b>

La tabla 7 muestra los datos de estabilidad de una mezcla asfáltica sin PET en función de diferentes porcentajes de asfalto (CA). Se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de asfalto, la estabilidad también tiende a aumentar, alcanzando su punto máximo en el caso del 5% CA, con un valor promedio de 2280 kg. Sin embargo, a partir del 5.5% CA, la estabilidad comienza a disminuir nuevamente. Esto sugiere que existe un equilibrio crítico en la composición de la mezcla, donde el 5% de asfalto parece ser la proporción óptima para lograr la máxima estabilidad.

**Tabla 8**

*Flujo de la mezcla asfáltica sin PET*

<b>Flujo (mm)</b>					
<b>Muestra</b>	<b>4% CA</b>	<b>4.5% CA</b>	<b>5% CA</b>	<b>5.5% CA</b>	<b>6% CA</b>
1	2.73	3.43	3.51	3.56	3.58
2	2.74	3.33	3.50	3.58	3.61
3	2.69	3.30	3.51	3.63	3.71
4	2.64	3.35	3.51	3.53	3.78
5	2.74	3.28	3.52	3.51	3.76
<b>Promedio</b>	<b>2.7</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.6</b>	<b>3.7</b>

La tabla 8 muestra los datos sobre el flujo en mm de una mezcla asfáltica sin PET en función de diferentes porcentajes de asfalto (CA). Se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de asfalto, el flujo también tiende a aumentar.

**Tabla 9**

*Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sin PET*

<b>Vacíos (%)</b>					
<b>Muestra</b>	<b>4% CA</b>	<b>4.5% CA</b>	<b>5% CA</b>	<b>5.5% CA</b>	<b>6% CA</b>
1	6.5	4.2	2.7	2.2	1.9
2	6.5	4.3	2.8	2.2	2.0
3	6.6	4.3	2.7	2.2	1.6
4	6.5	4.1	2.8	2.3	2.1
5	6.6	4.1	2.7	2.2	2.1
<b>Promedio</b>	<b>6.5</b>	<b>4.2</b>	<b>2.7</b>	<b>2.2</b>	<b>2.0</b>

La tabla 9 muestra los datos sobre el porcentaje de vacíos de una mezcla asfáltica sin PET en función de diferentes porcentajes de asfalto (CA). Se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de asfalto, el % de vacíos también disminuye.

**Tabla 10**

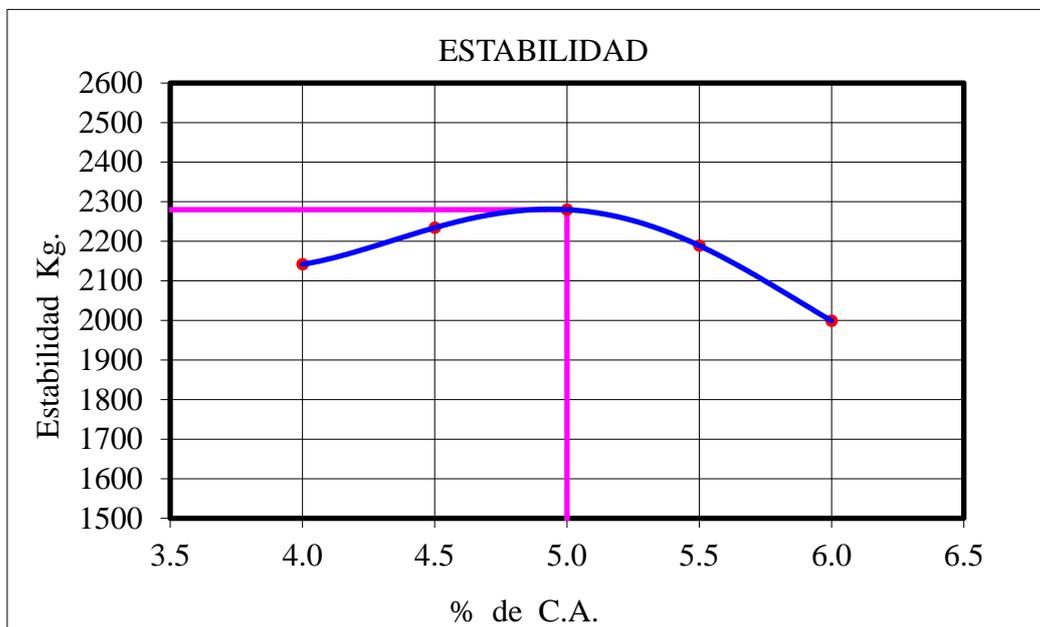
*Resumen del ensayo Marshall para la mezcla asfáltica en caliente sin PET*

N° golpes		75	
CA%	Estabilidad (Kg)	Flujo (mm)	Vacíos %
4%	2142	2.7	6.5
4.5%	2234	3.3	4.2
5%	2280	3.5	2.7
5.5%	2189	3.6	2.2
6%	1999	3.7	2.0

La tabla 10 muestra el resumen de los resultados del ensayo Marshall para la mezcla asfáltica en caliente a diferentes porcentajes de contenido de asfalto (%CA). Los datos incluyen la estabilidad en kilogramos (Kg) y el flujo en milímetros (mm), así como los porcentajes de vacíos (% Vacíos). Los resultados indican que a medida que aumenta el %CA, la estabilidad inicialmente aumenta, pero luego disminuye a partir del 5.5%, mientras que el flujo aumenta con mayores porcentajes de asfalto. Los porcentajes de vacíos tienden a descender al aumentar el %CA. Siendo el %CA óptimo para la mezcla asfáltica en caliente el 5%, lo que mostró una buena estabilidad y flujo, indicando un comportamiento óptimo bajo carga y condiciones específicas. Siendo vital seleccionar el % CA adecuado para asegurar la durabilidad y rendimiento del pavimento en la Av. Canta Callao, según los resultados del ensayo Marshall.

**Figura 26**

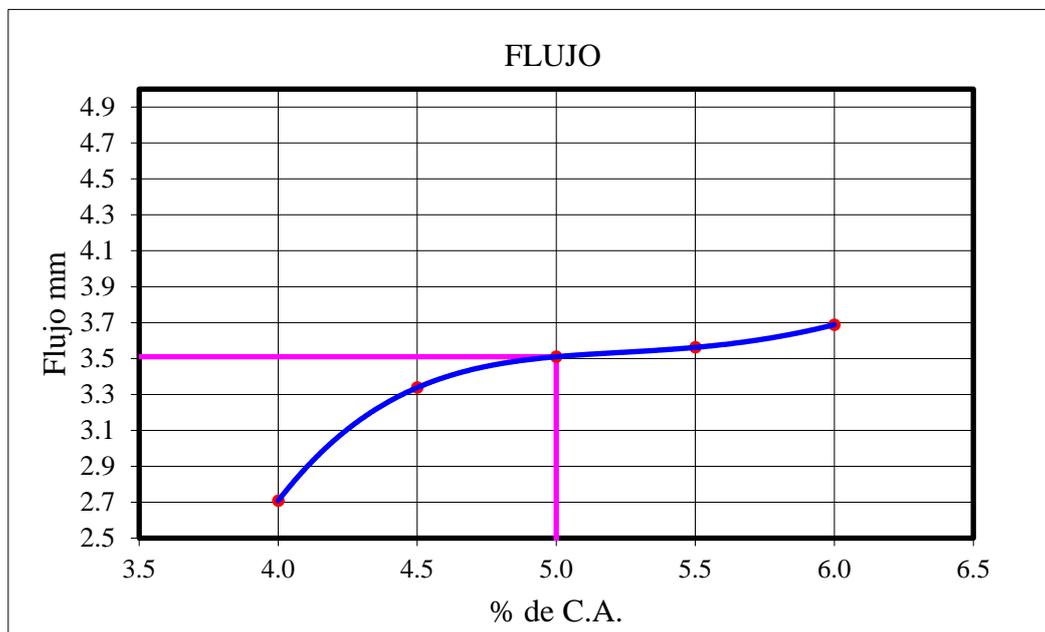
*Estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente*



La figura 26 plasma los resultados correspondientes a la estabilidad de las muestras asfálticas en caliente a diferentes porcentajes de contenido de asfalto (%CA). En el cual se aprecia que a medida que el CA aumenta gradualmente desde el 4% hasta el 5%, la estabilidad también aumenta, demostrando una correlación positiva entre estos dos factores. Sin embargo, al superar el 5% de contenido de asfalto, se observa una disminución significativa en la estabilidad, lo que sugiere que existe un punto óptimo en torno al 5% de CA para lograr la máxima estabilidad en la mezcla asfáltica.

**Figura 27**

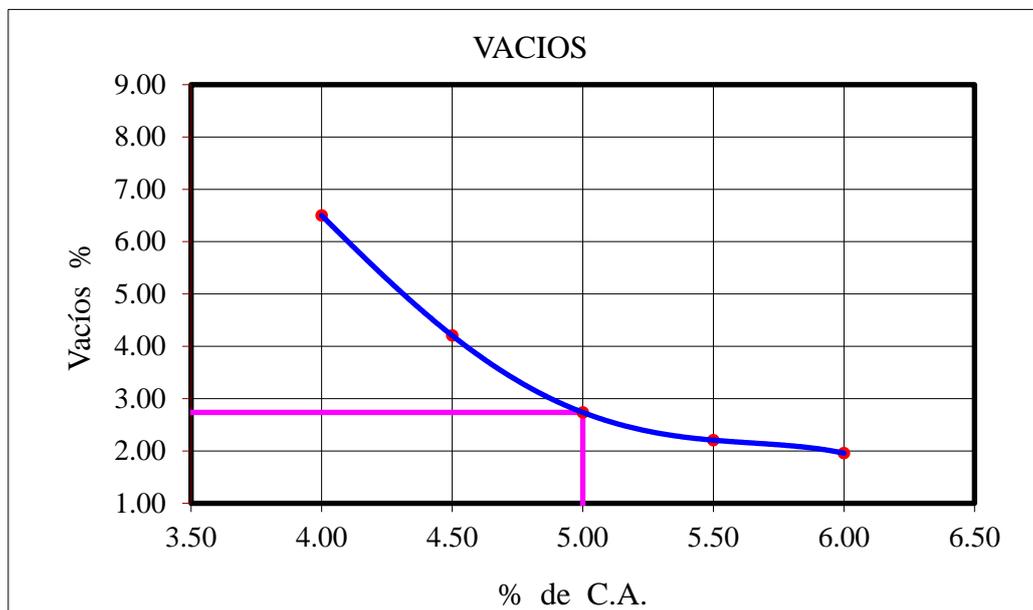
*Flujo de la mezcla asfáltica en caliente*



La figura 27 muestra los resultados de flujo de las muestras asfálticas en caliente a diferentes porcentajes de CA. Se observa que a medida que el contenido de asfalto aumenta desde el 4% hasta el 6%, el flujo se mantiene un incremento constante, alcanzando su punto máximo a 3.7 mm con un 6% de CA. Ello indica que un mayor contenido de asfalto en la mezcla asfáltica proporciona una mayor capacidad de deformación bajo carga. Siendo el óptimo CA el 5% ya que en esta proporción se logra un equilibrio, garantizando tanto la flexibilidad como la resistencia adecuada en la mezcla asfáltica.

**Figura 28**

*Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente*



Los datos presentados en la figura 28 resaltan la relación entre el contenido de asfalto (CA%) y el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica. A medida que el contenido de asfalto aumenta desde el 4% hasta el 6%, se observa una disminución constante en el porcentaje de vacíos. Este patrón sugiere que un aumento en el contenido de asfalto está asociado con una mayor densidad y compactación de la mezcla, lo que a su vez reduce los vacíos en la estructura.

Asimismo, se exponen los resultados obtenidos en función a los objetivos planteados, siendo el **primer objetivo específico**: Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

**Tabla 11**

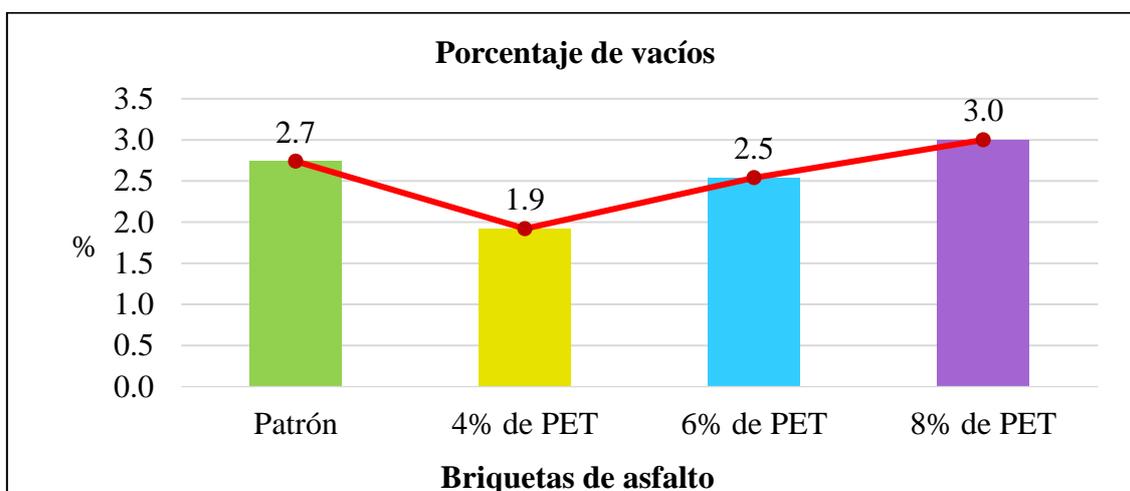
*Porcentaje de Vacíos*

% de vacíos				
Muestra	Patrón	4% PET	6% PET	8% PET

1	2.7	1.9	2.4	2.6
2	2.8	1.7	2.5	2.9
3	2.7	2.2	2.2	3.1
4	2.8	2.0	2.7	3.0
5	2.7	1.8	2.9	3.4
<b>Promedio</b>	<b>2.7</b>	<b>1.9</b>	<b>2.5</b>	<b>3.0</b>

**Figura 29**

*Porcentaje de vacíos*



La tabla 11 y figura 29 presentan el porcentaje de vacíos en diversas muestras de mezclas asfálticas con adiciones de fibra PET. Se comparan tres niveles de adición de fibra PET (4%, 6%, 8%) con el patrón sin fibra. Se observa que, a medida que aumenta la cantidad de fibra PET, el porcentaje de vacíos disminuye, alcanzando 1.9% y 2.5% con las incorporaciones de 4% y 6% de PET correspondientemente frente al bloque patrón que obtuvo 2.7%; sin embargo, se incrementa al adicionar un 8% superando a la briqueleta patrón con 3.0%. Esto sugiere que la fibra PET influye en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica, lo que podría tener beneficios significativos para la infraestructura vial.

Asimismo, se en cuanto al **segundo objetivo específico**: Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

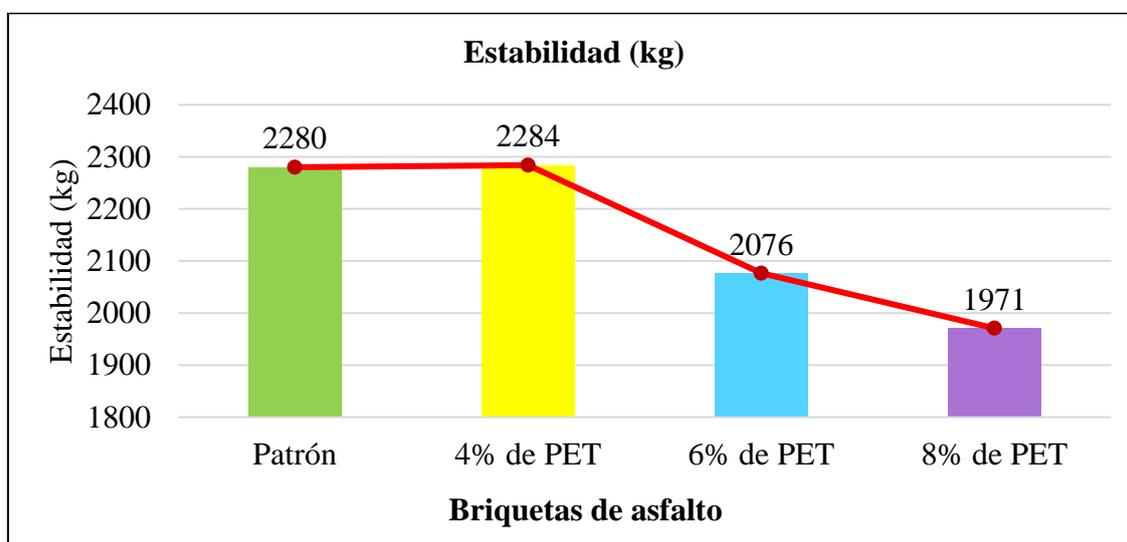
**Tabla 12**

*Estabilidad Marshall*

<b>Estabilidad (kg)</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Patrón</b>	<b>4% PET</b>	<b>6% PET</b>	<b>8% PET</b>
1	2271	2267	2072	1976
2	2281	2276	2094	1963
3	2286	2294	2068	1959
4	2295	2290	2063	1984
5	2267	2290	2085	1972
<b>Promedio</b>	<b>2280</b>	<b>2284</b>	<b>2076</b>	<b>1971</b>

**Figura 30**

*Estabilidad Marshall*



La tabla 12 y figura 30 plasman los valores de estabilidad de diferentes muestras de mezclas asfálticas con adiciones de fibra de tereftalato de polietileno (PET). Los resultados indican que la estabilidad promedio del bloque patrón fue de 2280 kg y al

adicionar la fibra PET al 4% logra un ligero aumento a 2284 kg; sin embargo, con las incorporaciones de 6% y 8% se aprecia un efecto negativo en la estabilidad de la mezcla, ya que los valores de estabilidad son más bajos en comparación con el patrón siendo 2076 kg y 1971 kg respectivamente. En resumen se puede inferir que a medida que aumenta la cantidad de fibra PET, los valores de estabilidad tienden a disminuir.

En cuanto al **tercer objetivo específico**: Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

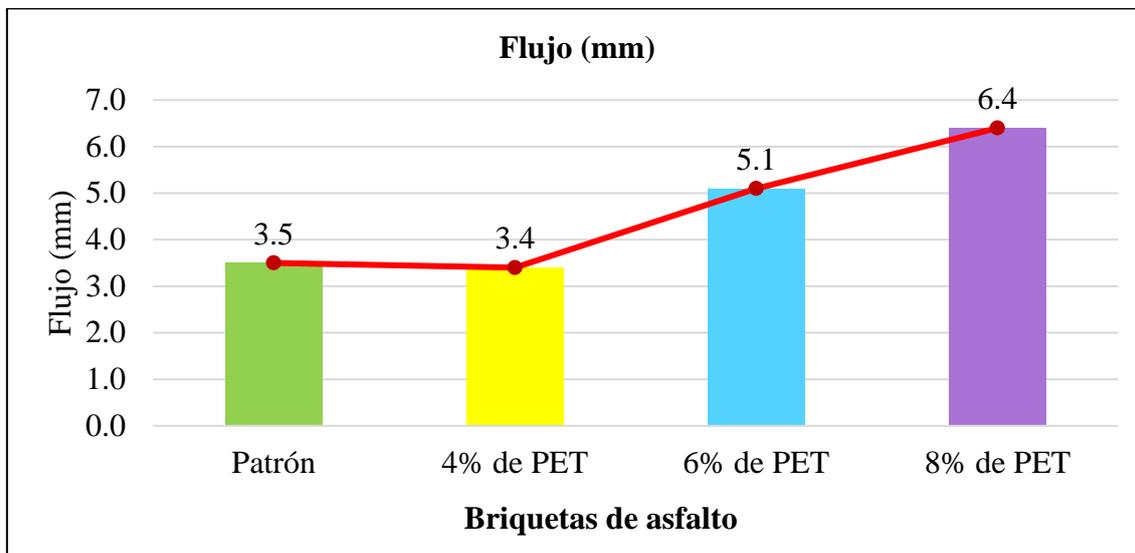
**Tabla 13**

*Flujo de la mezcla asfáltica*

<b>Flujo (mm)</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Patrón</b>	<b>4% PET</b>	<b>6% PET</b>	<b>8% PET</b>
1	3.51	3.28	4.95	6.45
2	3.50	3.33	5.46	5.30
3	3.51	3.43	4.80	7.85
4	3.51	3.61	5.44	5.79
5	3.52	3.58	4.80	6.63
<b>Promedio</b>	<b>3.5</b>	<b>3.4</b>	<b>5.1</b>	<b>6.4</b>

**Figura 31**

*Flujo de la mezcla asfáltica*



La tabla 13 y figura 31 muestran los valores de flujo de diferentes muestras de mezclas asfálticas con adiciones de fibra de tereftalato de polietileno (PET). Se observa que la briqueta patrón, que representa la mezcla asfáltica sin fibra PET, tiene un flujo de 3.5 mm. En cuanto a la incorporación de 4% de PET logra una ligera reducción del flujo a 3.4 mm. Por otra parte, a medida que se agrega mayor cantidad de fibra de PET, se observa un aumento gradual en el flujo, siendo 5.1 mm con el 6% de PET y 6.4 mm con un 8% de PET. Esto sugiere que la fibra de PET influye en el flujo de la mezcla asfáltica, lo que podría tener implicaciones importantes para su aplicación en la construcción de carreteras y pavimentos.

El análisis realizado revela la influencia del porcentaje de fibra de tereftalato de polietileno (PET) en tres aspectos clave de la mezcla asfáltica: el porcentaje de vacíos, la estabilidad y el flujo. Los resultados muestran que el porcentaje óptimo de PET es del 4%, ya que se obtiene el equilibrio perfecto entre los tres factores evaluados. A esta concentración, se logra el menor porcentaje de vacíos, lo que indica una mayor densidad y compactación de la mezcla, mejorando su durabilidad y resistencia ante las condiciones

de carga y fatiga. Además, el flujo se encuentra en niveles adecuados, garantizando una adecuada trabajabilidad y facilidad de colocación. Por otro lado, la estabilidad también se ve favorecida con un 4% de adición de PET, brindando una mayor cohesión y resistencia estructural en la mezcla asfáltica. Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar el porcentaje óptimo de PET en la formulación de mezclas asfálticas, ya que afecta significativamente las propiedades físicas y mecánicas, asegurando así la calidad y rendimiento de las estructuras viales a largo plazo.

En cuanto al **cuarto objetivo específico**: Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

**Tabla 14**

*Análisis de precios unitarios –Mezcla asfáltica convencional*

<b>MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL</b>						<b>CU por m3=</b>	<b>S/803.09</b>
Rendimiento	M3/día	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Jornada =	8 hrs/día
<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>		
<b>Mano de obra</b>							<b>1.65</b>
Capataz	hh	1.0000	0.0320	12.50	0.40		
Operario	hh	1.0000	0.0320	10.06	0.32		
Oficial	hh	1.0000	0.0320	7.89	0.25		
Peón	hh	3.0000	0.0960	7.10	0.68		
<b>Materiales</b>							<b>760.24</b>
Petroleo D-2	gal		5.8000	12.20	70.76		
Piedra chancada para asfalto	m3		0.4200	45.00	18.90		
Arena zarandeada para asfalto	m3		0.5800	40.00	23.20		
Mejorador de adherencia	kg		0.7900	22.00	17.38		
Cemento asfáltico PEN 60/70	gal		35.0000	18	630.00		
<b>Equipos</b>							<b>41.20</b>
Herramientas manuales	%MO		5%		0.08		
Cargador sobre llantas de 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0320	140.00	4.48		
Grupo electrogeno de 75 Kw	hm	2.0000	0.0640	145.00	9.28		
Grupo electrogeno de 150 Kw	hm	1.0000	0.0320	165	5.28		
Planta de asfalto en caliente 60 - 115 ton/h	hm	1.0000	0.0320	690.00	22.08		

En la tabla 14, se evidencia que el gasto global para producir un metro cúbico de mezcla asfáltica estándar es de S/. 803.09.

**Tabla 15**

*Análisis de precios unitarios –Mezcla asfáltica con PET*

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PET 4%							CU por m3=	S/788.71
Rendimiento	M3/día	MO	250.0000	EQ.	250.0000	Jornada =	8	hr/día
Descripción				Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>								<b>1.65</b>
Capataz				hh	1.0000	0.0320	12.50	0.40
Operario				hh	1.0000	0.0320	10.06	0.32
Oficial				hh	1.0000	0.0320	7.89	0.25
Peón				hh	3.0000	0.0960	7.10	0.68
<b>Materiales</b>								<b>745.86</b>
Petroleo D-2				gal		5.8000	12.20	70.76
Piedra chancada para asfalto				m3		0.4200	45.00	18.90
Arena zarandeada para asfalto				m3		0.5800	40.00	23.20
Cemento asfáltico PEN 60/70				gal		34.900	18.00	628.20
Tereftalato de polietileno triturado				kg		6.00	0.80	4.80
<b>Equipos</b>								<b>41.20</b>
Herramientas manuales				%MO		5%		0.08
Cargador sobre llantas de 125-155 HP 3 yd3				hm	1.0000	0.0320	140.00	4.48
Grupo electrogeno de 75 Kw				hm	2.0000	0.0640	145.00	9.28
Grupo electrogeno de 150 Kw				hm	1.0000	0.0320	165	5.28
Planta de asfalto en caliente 60 - 115 ton/h				hm	1.0000	0.0320	690.00	22.08

En la tabla 15 se muestra que el gasto global para producir un metro cúbico de mezcla asfáltica con modificación de polietileno es de S/. 788.71, lo que significa una reducción del 1.79% en comparación con el costo de la mezcla asfáltica convencional.

Asimismo, la comparativa entre la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica con PET al 4% revela que, si bien la mezcla con PET ofrece un ligero ahorro en los costos iniciales de construcción, su verdadero beneficio se refleja en el mantenimiento y la durabilidad a largo plazo. Los costos de mano de obra y equipos son prácticamente iguales en ambas opciones, el costo del tereftalato de polietileno triturado ya contiene el

costo de molienda industrial del mismo. La mezcla con PET destaca por su capacidad de resistencia y su potencial para reducir el deterioro con el tiempo. Esto se traduce en menores gastos de mantenimiento y una prolongación de la vida útil de la avenida, lo que representa un beneficio económico sustancial en términos de costos de mantenimiento reducidos y una carpeta asfáltica más duradera, contribuyendo así a un mejor rendimiento y una inversión más rentable a lo largo del tiempo.

## Análisis Inferencial

### Prueba de normalidad

Ho: Los datos tienen una distribución normal

H1: Los datos no tienen una distribución normal

**Tabla 16**

*Prueba de normalidad*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
% de vacíos, estabilidad y flujo sin PET	,965	5	,842
% de vacíos, estabilidad y flujo con PET	,990	5	,979

Si el valor de p es inferior al  $\alpha = 0.05$ ; entonces, la Ho es rechazada. Pero, si el valor de p es superior al  $\alpha = 0.05$ ; entonces, la Ho es aceptada. Como el valor de significancia es mayor que 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula y se concluye que los datos tienen una distribución normal y por lo tanto se utilizará una prueba paramétrica.

### Contrastación de hipótesis

Para contrastar las hipótesis se empleó el software SPSS v25. Para poder saber si el la fibra PET influye positivamente o no en las propiedades físicas y mecánicas de la

mezcla asfáltica, se procedió a realizar la prueba t de Student para dos muestras relacionadas, teniendo en consideración lo siguiente: Si el valor de p es inferior o igual a  $\alpha = 0.05$ , la hipótesis nula será rechazada. Por lo que, se acepta la hipótesis alterna.

### Prueba de la hipótesis general

Ha: La incorporación de la fibra de PET influye en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023

H0: La incorporación de la fibra de PET no influye en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

**Tabla 17**

*Prueba estadística de la hipótesis general*

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 % de vacíos, estabilidad y flujo sin PET- Con PET	4066,75000	17,62298	7,88124	4088,63183	4044,86817	516,004	4	,000

Puesto que, el valor de p es inferior al valor de 0.05, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que, en relación al resultado de  $p=0.00$  se puede aceptar la hipótesis alterna; afirmando que, la incorporación de la fibra de PET influye en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

### Prueba de la hipótesis específica 1

Ha: La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

H0: La incorporación de la fibra de PET no influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

**Tabla 18**

*Prueba estadística de la hipótesis específica 1*

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 % de vacíos patrón - % de vacíos PET	-4,72000	,48683	,21772	-5,32447	-4,11553	-21,680	4	,000

Puesto que, el valor de p es inferior al valor de 0.05, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que, en relación al resultado de  $p=0.00$  se puede aceptar la hipótesis alterna; afirmando que, la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023

**Prueba de la hipótesis específica 2**

Ha: La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

H0: La incorporación de la fibra de PET no influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

**Tabla 19**

*Prueba estadística de la hipótesis específica 2*

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			

Par 1	Estabilidad patrón - Estabilidad PET	- 4050,60 000	17,5157 1	7,83326	- 4072,348 62	- 4028,8513 8	- 517,10 3	4	,000
-------	--------------------------------------	---------------------	--------------	---------	---------------------	---------------------	------------------	---	------

Puesto que, el valor de  $p$  es inferior al valor de 0.05, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que, en relación al resultado de  $p=0.00$  se puede aceptar la hipótesis alterna; afirmando que, la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

### Prueba de la hipótesis específica 3

Ha: La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

H0: La incorporación de la fibra de PET no influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

### Tabla 20

#### Prueba estadística de la hipótesis específica 3

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
				Inferior	Superior				
Par 1	Flujo patrón - Flujo PET	- 11,4300 0	,72222	,32299	-12,32675	-10,53325	- 35,389	4	,000

Puesto que, el valor de  $p$  es inferior al valor de 0.05, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo que, en relación al resultado de  $p=0.00$  se puede aceptar la hipótesis alterna; afirmando que, la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con referencia a los resultados de la primera hipótesis, los resultados muestran una reducción del porcentaje de vacíos, en los bloques con 4% y 6% de contenido de PET, alcanzando valores de 1.9% y 2.5% respectivamente, en comparación con el bloque de patrón que registró un 2.7%. Sin embargo, se observa que al llegar al 8% de PET, el % de vacíos comienza a incrementarse llegando a 3.0%, valor que supera al obtenido por la muestra patrón. Ello permite observar que el óptimo desempeño se logra con el 4% pues es la muestra que consigue una reducción mayor al de las otras muestras, representando una reducción del 29% en contraste con el bloque patrón. Asimismo, al constatar la hipótesis se obtuvo una significancia inferior a 0.05, de modo que, se confirma la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula, es decir la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023. Por otro lado, estos resultados hallan similitud con el estudio de Chochabot (2020), quien de forma similar añade plástico PET a la mezcla asfáltica para un pavimento en Carabayllo, observando una positiva disminución del 10% de los vacíos con la dosificación del 3% de PET. De forma similar, Flores (2020), llevó a cabo un estudio que involucró la incorporación de plástico reciclado en la mezcla asfáltica de un pavimento en Trujillo. Los resultados indicaron una reducción sustancial en el porcentaje de vacíos, disminuyendo del 3.5% en la muestra de control a tan solo un 0.68% con una dosificación del 5% de plástico, y a un 0.9% con el 5.5% de plástico. Del mismo modo, Escalante e Infantes (2019), llevaron a cabo la inclusión de PET en la mezcla asfáltica, logrando una reducción significativa del 2.7% en los vacíos al incorporar un 4% de PET. Esto implicó un descenso de los vacíos desde el 3.6% registrado en la muestra de control hasta el 3.5% con la dosificación del 4%. Los hallazgos de esta investigación, en contraposición con estudios anteriores, evidencian que la incorporación

de plástico, como el PET, en las mezclas asfálticas puede desempeñar un rol trascendental en la disminución de los vacíos y en la mejora de la calidad del pavimento.

En relación a la segunda hipótesis, los resultados de estabilidad de las diversas muestras de mezclas asfálticas con adiciones de fibra PET muestran variaciones con respecto a la muestra patrón. La estabilidad promedio del bloque patrón se situó en 2280 kg, y al agregar un 4% de fibra PET, se observó un leve incremento hasta 2284 kg. Sin embargo, al incrementar las adiciones al 6% y 8%, se notó un efecto adverso en la estabilidad de la mezcla, ya que los valores de estabilidad disminuyeron significativamente, llegando a 2076 kg y 1971 kg, respectivamente. Las variaciones en la estabilidad con respecto a la muestra patrón se sitúan en un aumento del 0.2% para el 4% de adición, y una disminución del 8.8% y 13.6% para el 6% y 8% de adición, respectivamente. Por otro lado, la prueba estadística para la segunda hipótesis muestra una significancia inferior a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis alterna, respaldando que la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023. Estos hallazgos guardan similitud con el estudio de Flores (2020), quien logra un incremento del 5.49% en la estabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar un 5.5% de PET. De forma similar, Escalante e Infantes (2019), incorporaron residuos de PET en una mezcla asfáltica para un pavimento en Nuevo Chimbote, logrando mejorar su estabilidad en un 9.16% con una dosificación del 4% de PET, pues la estabilidad se elevó de 1200 kg en la muestra sin el aditivo a 1310 kg con la presencia del PET. Además, Cruzado (2021) buscó la optimización de la mezcla asfáltica para un pavimento en Ancón, alcanzando mejorar su estabilidad en 6.14% al incorporar 5% de PET. También, se encuentra similitud con Chochabot (2020), donde la adición del plástico PET en un 3% mostró un rendimiento favorable, alcanzando una estabilidad de 1128 kg en comparación con los 1032 kg de la

muestra de referencia, lo que representa una mejora del 9.3% en la estabilidad. De modo que, tanto los hallazgos de esta investigación como las investigaciones previas confirman de manera consistente la influencia positiva del tereftalato de polietileno en la estabilidad de las mezclas asfálticas.

Con respecto a la tercera hipótesis, los resultados obtenidos reflejan una variación de los valores de flujo de diversas muestras de mezclas asfálticas con adiciones de PET. Se puede observar que la briqueta patrón, presenta un flujo de 3.5 mm. En contraste, la inclusión del 4% de PET provoca una leve disminución en el flujo, que se sitúa en 3.4 mm. Sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de fibra de PET añadida, se percibe un incremento gradual en el flujo, alcanzando 5.1 mm con un 6% de PET y 6.4 mm con un 8% de PET. En términos porcentuales, se observa una reducción del 2.9% en el flujo con un 4% de adición de PET, mientras que se registra un aumento del 45.7% y un 82.9% con un 6% y 8% de adición de PET, respectivamente. Además, la prueba de hipótesis arrojó un valor de significancia estadística por debajo de 0.05, lo que lleva a la aceptación de la hipótesis alterna. Esto indica que la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023. Estos resultados guardan similitud con los hallazgos de Cruzado (2021) quien también incorpora residuos plásticos en la mezcla asfáltica logrando una reducción positiva de 12% del flujo con la dosificación de 5% de plástico, además observo un incremento a partir del 7% de plástico. De forma similar, los hallazgos de Escalante e Infantes (2019), también reflejaron una reducción significativa del flujo al incorporar el plástico PET, la muestra de control presentó un flujo de 0.37 mm, mientras que la muestra con un 4% de PET mostró un flujo de 0.34 mm, lo que representa una reducción del 8.11% en el flujo. La muestra con un 5% de PET presentó un flujo de 0.33 mm, lo que indica una disminución del 10.81% en el flujo. También, se encuentra similitud con la

investigación de Flores (2020) donde se introdujeron plásticos reciclados en la mezcla asfáltica para un pavimento den Trujillo. En este caso, se logró reducir el flujo de la muestra de control de 3.3 mm a 2.20 mm al incorporar un 5% de plástico. Además, con una adición del 5.5%, el flujo se redujo a 2.65 mm, lo que representa una disminución del 33.3% y 19.7%, respectivamente. Por último, el estudio de Pilatuña y Rodríguez (2021), el impacto beneficioso del PET en una mezcla asfáltica en Ecuador, en este caso, el flujo disminuyó de 17.5 en la muestra de control a 14.1 con un 5% de PET y a 12.9 con un 9% de PET. Los resultados conjuntos de los antecedentes y el presente estudio reafirman la influencia positiva de un material como el PET para reducir el flujo de las mezclas asfáltica, lo cual es beneficioso para la durabilidad y vida útil del pavimento.

Finalmente, en relación a la cuarta hipótesis, se evidencia que la introducción de la fibra de PET conlleva a una disminución en los costos de la mezcla asfáltica, lo cual fue confirmado en este estudio. La producción de un metro cúbico de mezcla asfáltica modificada con polietileno requiere un gasto de S/. 788.71, representando un decremento del 1.79% en comparación con la mezcla asfáltica convencional. Al comparar estos resultados con investigaciones anteriores, se encontraron similitudes con el estudio de Escalante e Infante (2019), en el cual se observó una disminución de 14.43 soles por metro cúbico en el costo de la mezcla asfáltica al incorporar PET. El costo promedio de la mezcla convencional fue de 1481.48 soles, mientras que la mezcla con PET tuvo un costo promedio de 1467.05 soles. Además, el estudio de Acuña y Pariona (2021) reveló que el costo de la mezcla asfáltica tradicional por metro cúbico fue de 891.48 soles, en contraste con los 875.42 soles de la mezcla con la adición de PET. Este hecho representó un ahorro de 16.06 soles por metro cúbico, es decir, una disminución del 1.8% en los costos por metro cúbico. Estos análisis demuestran que la inclusión de PET en las mezclas asfálticas puede generar ahorros significativos en términos de costo de producción,

respaldando la viabilidad económica de utilizar PET como aditivo en la industria de la construcción.

### **Conclusiones**

Se identificó la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, pues los hallazgos corroboran una influencia positiva en múltiples aspectos clave. El PET ha demostrado mejorar la compactación de la mezcla, reduciendo significativamente los vacíos y aumentando la estabilidad, así como también una reducción del flujo de la mezcla. Además, la inclusión de PET conlleva a una disminución de los costos de producción, lo que sugiere no solo mejoras en la calidad y durabilidad del pavimento sino también ventajas económicas en su implementación. En conjunto, estos hallazgos respaldan firmemente la viabilidad y eficacia del uso del PET como aditivo en la industria de la construcción para optimizar las mezclas asfálticas en proyectos de pavimentación.

En relación al objetivo específico 1, se determinó que la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao; ya que, la significancia fue inferior a 0.05, indicando un potencial prometedor para mejorar la calidad y durabilidad del pavimento mediante la utilización de PET en la mezcla asfáltica. Asimismo, se observó que la adición de un 4% de PET logra la mayor disminución de vacíos el cual fue de 1.9% respecto al patrón que evidenció un 2.7%, tomándose como la dosificación óptima, pues consigue una reducción del 29% en comparación con la muestra patrón.

En relación al objetivo específico 2, se determinó que la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao; los hallazgos muestran un ligero aumento en la

estabilidad con la adición del 4% de PET, pasando de 2280 kg de la muestra patrón a 2284 kg, además las pruebas estadísticas arrojaron una significancia inferior a 0.05, lo que confirma la hipótesis alterna y descarta la hipótesis nula, demostrando que el PET tiene una influencia positiva en la estabilidad de la mezcla asfáltica, constituyendo así una alternativa efectiva para optimizar la estabilidad de las mezclas asfálticas en proyectos de pavimentación.

En relación al objetivo específico 3, se determinó que la incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, los resultados revelaron que la incorporación del 4% de PET produjo una ligera disminución en el flujo, pasando del 3.4 mm para la muestra patrón al 3.5 mm, mientras que un aumento en la cantidad de PET añadido resultó en un incremento gradual del flujo. Estos cambios se tradujeron en una reducción del 2.9% en el flujo con un 4% de adición de PET considerándose esta dosificación como la óptima. La prueba de hipótesis confirmó la significancia estadística con un valor por debajo de 0.05, respaldando la hipótesis alternativa de que el PET tiene un impacto positivo en el flujo de la mezcla asfáltica. Respaldando el uso del PET como un aditivo efectivo para mejorar el flujo de la mezcla asfáltica.

En relación al objetivo específico 4, se determinó que la incorporación de la fibra de PET reduce los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao; ya que, los resultados revelaron que la elaboración de un metro cúbico de mezcla asfáltica modificada con PET implica un gasto de S/. 788.71, lo que representa una reducción de 1.79% en comparación con la mezcla asfáltica convencional, que tiene un costo de S/. 803.09. Lo que respalda de manera concluyente la influencia positiva de la inclusión de PET en las mezclas asfálticas, generando ahorros significativos en

términos de costos de producción; apoyando la viabilidad económica de emplear el PET como aditivo en la industria de la construcción.

### **Recomendaciones:**

Se recomienda considerar la utilización del 4% de PET como aditivo en las mezclas asfálticas utilizadas en proyectos de pavimentación, ya que consigue generar una significativa reducción en la presencia de vacíos y, en consecuencia, mejora la compactación de la mezcla.

Se recomienda considerar la incorporación de un 4% de PET como aditivo en las mezclas asfálticas en proyectos de pavimentación pues ofrece una alternativa efectiva y prometedora para mejorar la estabilidad de las mezclas asfálticas, lo que puede contribuir significativamente a la calidad y durabilidad de las superficies pavimentadas en futuros proyectos viales.

Se recomienda la incorporación de un 4% de PET como aditivo en las mezclas asfálticas como una estrategia efectiva para mejorar el comportamiento del flujo utilizadas en proyectos viales, lo que puede traducirse en pavimentos de mayor calidad y durabilidad.

Se recomienda la incorporación de PET como aditivo en las mezclas asfálticas utilizadas en proyectos viales, pues los resultados revelaron que la elaboración de un metro cúbico de mezcla asfáltica modificada con PET implica un ahorro del 1.79% en comparación con la mezcla asfáltica convencional. De modo que se conseguirá una reducción significativa de los costos de producción en proyectos viales.

Se recomienda a los futuros investigadores considerar la incorporación de PET igual o inferior al 4% pues dosificaciones superiores provocan un aumento significativo en el porcentaje de vacíos y un flujo excesivo, además de una disminución en la estabilidad de las mezclas asfálticas. Por lo tanto, se sugiere una investigación más

exhaustiva con porcentajes de PET por debajo del 4% con el fin de identificar el porcentaje óptimo que permita mantener un equilibrio adecuado entre la estabilidad y la reducción de vacíos en las mezclas asfálticas.

## REFERENCIAS

- Acuña, Y., y Pariona, J. (2021). *Diseño de Pavimento Flexible con Aplicación de Tereftalato de Polietileno en la Mezcla Asfáltica, Avenida Antigua Panamericana Sur, Chilca 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79239>
- Ameri, M., Mohammadi, R., Mousavinezhad, M., Ameri, A., Hamid, C., y Fasihpour, A. (2020). Evaluating Properties of Asphalt Mixtures Containing polymers of Styrene Butadiene Rubber (SBR) and recycled Polyethylene Terephthalate (rPET) against Failures Caused by Rutting, Moisture and Fatigue. *Frattura ed Integrità Strutturale*, 14(53), 177-186.  
<https://www.fracturae.com/index.php/fis/article/view/2764>
- Agreda, C. (2020). *Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66439>
- Awan, H., Hussain, A., Javed, M., Qiu, Y., Alrowais, R., Mohamed, A., Fathi, D., & Alzahrani, A. (2022). Predicting Marshall Flow and Marshall Stability of Asphalt Pavements Using Multi Expression Programming. *Buildings*, 12(3).  
<https://doi.org/10.3390/buildings12030314>
- Ayala, Y., Delgado, H., Guzmán, D., y Salazar, A. (2018). Manual de ensayos para laboratorio, mezclas asfálticas en caliente (MAC) parte 1.  
<https://imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnicapt516.pdf>

- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica, para ciencias administrativas, aplicadas, artísticas, humanas*. Enfoques consulting EIRL.  
<https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2238>
- Bastidas, B., y Ramirez, J. (2019). *Estudio de la mezcla asfáltica en caliente adicionada con PET relacionado con el comportamiento de sus propiedades mecánicas, Lima-2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45851>
- Benites, Y. (2020). *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 de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50865>
- Berndt, A. (2020). Sampling Methods. *Journal of Human Lactation*, 36(2).  
<https://doi.org/10.1177/0890334420906850>
- Bojorque, J., Flores, C., y Vásquez, M. (2019). Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction. *Revista de la construcción*, 18(1), 178-185. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2019000100178&lng=es&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2019000100178&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
- Butron, A. (2022). *Influencia del plástico reciclado PET en las propiedades de la mezcla asfáltica en frío, Tacna – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22517>
- Castro, H., Romero, B., Vásquez, C., y Arriola, G. (2020). influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente. *Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 7(2), 176-190.  
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1506/2119>

- Celik, H., Baser, N., y Kilic, H. (2020). Nitel veri analizi ve temel ilkeleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi –Journal of Qualitative Research in Education*, 8(1), 379-406. <https://enadonline.com/index.php/enad/article/view/1290/714>
- Cisneros-Caicedo, A., Guevara-García, A., Urdánigo-Cedeño, J., y Garcés-Bravo, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que Apoyan a la Investigación Científica en Tiempo de Pandemia. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 1165-1185. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383508>
- Cobos-Sáenz, L., y Valle-Benítez, A. (2021). Estudio comparativo sobre el comportamiento mecánico del concreto con fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclado y concreto con fibra de acero. *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 798-818. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383807>
- Crespo, B., Molina, T., y Lizcano, C. (2019). Relación entre análisis de datos y producción de conocimientos en los estudios de cuarto nivel. *Revista espacios*, 40(19), 1-8. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n19/19401901.html>
- Cruzado, C. (2021). *Análisis comparativo del Pavimento Flexible al aplicársele Residuos Plásticos Reciclados en la Avenida Los Arquitectos, Ancón, Lima, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50498>
- Chochabot, J. (2020). *Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabayllo – Lima - 2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58111>
- Comisión Guatemalteca de Normas – Ministerio de economía (2019). Método de ensayo para Estabilidad y Flujo Marshall de Mezclas Asfálticas - D6927-15. (NTG 51005 h34:2019).

[https://conred.gob.gt/normas/NRD3/9\\_otros\\_materiales\\_de\\_construccion/1.8\\_NTG\\_51005\\_h34\\_2019.pdf](https://conred.gob.gt/normas/NRD3/9_otros_materiales_de_construccion/1.8_NTG_51005_h34_2019.pdf)

Delgado, H. (2020). Diseño de mezclas asfálticas densas en caliente en función del nivel de tránsito. Instituto mexicano del transporte. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt602.pdf>

Dhaka, V., Singh, S., Anil, A., Kumar, S., Garg, S., Samuel, J., Kumar, M., Ramamurthy, P., y Singh, J. (2022). Occurrence, toxicity and remediation of polyethylene terephthalate plastics. A review. *Environ Chem Lett*, 20, 1777–1800. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-021-01384-8#citeas>

Escalante, H., e Infantes, G. (2019). *Propiedades de la mezcla asfáltica con adición de residuos plásticos - Nuevo Chimbote, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68226>

Espinoza, E., y Calva, D. (2020). La ética en las investigaciones educativas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 333-340. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000400333](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000400333)

Flores, M. (2020). *Influencia de los residuos plásticos reciclados al añadirlos a una mezcla asfáltica modificada en caliente, Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57606>

García-Vargas, M., Martínez-Ayala, L., Cerón-Reyes, M., y Molina-Ruiz, H. (2022). Validez y confiabilidad de un instrumento que permite detectar una revista depredadora. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 9(18), 9-14. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i18.8744>

Gavilánez, F. (2021). *Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas*.

Editorial Díaz de Santos.

<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490523193.pdf>

Guo, R., Zhou, F., y Nian, T. (2022). Indices relation and statistical probability analysis of physical and mechanical performance of asphalt mixtures. *Case Studies in Construction Materials*, 16, 1-13.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522002236>

Guevara, G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción).

*RECIMUNDO*, 4(3), 163-173.

<https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

Gutierrez, Y. (2021). Nociones de la investigación y el potencial de la investigación aplicada como estrategia de innovación. *Encuentro Sennova Del Oriente Antioqueño*, 7(1), 21-44.

<https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/3720>

Herrera, F. (2019). *Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcanqui Carabayllo, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79657>

Isooba, J., Mugume, B., y Muhwezi, L. (2021). Effect of Filler and Binder Contents on Air Voids in Hot-Mix Asphalt for Road Pavement Construction. *Open Journal of Civil Engineering*, 11(03), 255-289. <https://doi.org/10.4236/ojce.2021.113016>

Irwanto, T., y Qadar, T. (2019). Influence of replacement Portland cement with white limestone powder from Madura as filler on hot asphalt mixture (hot mix) Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC) on Marshall characteristic. *Journal of*

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1375/1/012026>

Jara, J., y Machado, S. (2020). *Análisis comparativo entre mezclas asfálticas en caliente modificadas con polialuminio y mezcla convencional* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20774>

Lázaro, E., y Santiago, I. (2021). *Incorporación de fibra de plástico y polímero SBS para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica, Avenida Canta Callao, Lima 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84991>

Lopez, J. (2020). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con Polímeros provenientes de botellas pet recicladas* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38661>

Lozada, W., y Montoya, F. (2022). *Adición de plástico reciclado PET para mejoramiento de propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, Jaén, Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93978>

Ma, J., y Hesp, S. (2022). Effect of recycled polyethylene terephthalate (PET) fiber on the fracture resistance of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 342(5).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822016142>

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales R.D. N° 18-2016-MTC/14.  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3729.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf)

- Mohd, N., Usman, F., y Saggaf, A. (2022). Development of composite material from Recycled Polyethylene Terephthalate and fly ash: Four decades progress review. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 1-6.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666086522000224>
- Muñante, M., y Sánchez, C. (2021). *Incorporación de plástico reciclado PET para la estabilización de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolas Ayllón, La Victoria 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82812>
- Neira, M., Giler, L., y Quevedo, J. (2020). Máquina bio-recicladora de plástico pet: un emprendimiento viable. Caso Azogues – Ecuador. *Telos*, 22(2), 395-409.  
<https://www.redalyc.org/journal/993/99364322011/html/>
- Paredes, D., Paredes, N., y Urteaga, M (2022). Comparación técnico – económica entre un pavimento convencional y un pavimento con incorporación de pet reciclado en la capa de rodadura. *LACCEI*, 1-10 [https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full\\_papers/FP56.pdf](https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP56.pdf)
- Pilatuña, D., y Rodríguez, J. (2021). *Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón guamate* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7535>
- Piza, N., Amaique, F., y Beltrán, G. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado*, 15(70), 455-459.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442019000500455&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500455&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-8.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>

- Rodríguez, C., Breña, J., y Esenarro, D. (2021). *Las variables, en la metodología de la investigación científica*. 3Ciencias Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.  
<https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2021/10/Las-Variables.pdf>
- Rodríguez-Rodríguez, J., y Reguant-Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE*, 13(2), 1-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7672166>
- Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-25162019000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008)
- Taggart, G., & Jen, Z. (2022). Evaluation as a moral practice: The case of virtue ethics. *Evaluation and Program Planning*, 94.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149718922000945>
- Tamiru, A., Geremew, A., y Jemal, A. (2022). Laboratory Performance Evaluation of Hot Mix Asphalt Mixture Using Belessa Kaolin as a Filler with Superpave Aggregate Gradation. *Advances in Civil Engineering*, 1-14.  
<https://doi.org/10.1155/2022/7491279>
- Taherdoost, H. (2021). Data Collection Methods and Tools for Research; A Step-by-Step Guide to Choose Data Collection Technique for Academic and Business Research Projects. *International Journal of Academic Research in Management*, 10(1), 10-38. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03741847/document>
- Ulloa, J. (2020). *Comportamiento de la Carpeta Asfáltica modificada con Filler Activo para la rehabilitación de la Avenida México en el Distrito de Comas, 2019* [tesis]

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62525>

Useche, M., Artigas, W., Queipo, B., y Perozo, E. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*. Universidad de La Guajira. [https://www.researchgate.net/publication/344256464\\_Tecnicas\\_e\\_instrumentos\\_de\\_recoleccion\\_de\\_datos\\_Cuali-Cuantitativos](https://www.researchgate.net/publication/344256464_Tecnicas_e_instrumentos_de_recoleccion_de_datos_Cuali-Cuantitativos)

Vargas, A. (2022). *Efecto de adición de partículas de plástico reciclado en las propiedades físico-mecánicas de pavimento* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36287>

Velasquez, S., y Villegas, R. (2022). Diseño, producción y colocación de mezclas asfálticas en caliente con adición de plásticos residuales - caso de estudio en Bolivia. *Investigación & Desarrollo*, 22(1), 15-24. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-44312022000100015&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-44312022000100015&script=sci_abstract)

Wang, S., Sui, X., Leng, Z., Jiang, J., y Lu, G. (2022). Asphalt pavement density measurement using non-destructive testing methods: current practices, challenges, and future vision. *Construction and Building Materials*, 344. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822018189>

Zavaleta, P. (2022). *Influencia de tereftalato de polietileno en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente en el distrito de Nuevo Chimbote – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100298>

## **ANEXOS**

Anexo 1 Matriz de consistencia

<b>Título:</b>		<b>Incorporación de la fibra de pet en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la av. Canta callao, 2023</b>			
<b>Autores:</b>		<b>Vargas Alfaro, Ingrid Esthefany</b>			
		<b>Lozano Guevara, William Roberto</b>			
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO</b>		
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>V. INPENDIENTE TEREFTALATO DE POLIETILENO</b>		
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?	Identificar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	La incorporación de la fibra de PET influye en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	Dosificación del tereftalato de polietileno.	Muestra patrón.	Balanza calibrada
				Muestra con el 2%, 4% y 8% de tereftalato de polietileno.	Balanza calibrada
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>V. DEPENDIENTE: MEZCLA ASFÁLTICA</b>		
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el % de vacíos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	Propiedades físicas	% de vacíos	Manual de ensayo de materiales Fichas de laboratorio MTC E 505
¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	Propiedades mecánicas	Estabilidad	MTC E 504 AASHTO-93/Marshall Fichas de laboratorio
¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	La incorporación de la fibra de PET influye positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.		Flujo	MTC E 504 AASHTO T 225 Fichas de laboratorio
¿De qué manera influye la incorporación de la fibra de PET en los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de la fibra de PET en los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.	La incorporación de la fibra de PET reduce los costos de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023.			

**Anexo 2: Matriz de operacionalización**

Título: Incorporación de la fibra de pet en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la av. Canta callao, 2023					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE Fibra de PET	Este material también llamado PET se compone de paraxileno, el cual proviene del petróleo, etileno que deriva del gas natural líquido y que al contacto con el aire se oxida transformándose en etilenglicol. Aparte de ser usado como recipientes para bebidas, el PET se utiliza para cosméticos, medicamentos y cintas de vídeo, entre otras aplicaciones. Gracias a su alto contenido en carbono, oxígeno e hidrógeno, es muy resistente y ligero (Mohd et al., 2022).	El Tereftalato de polietileno reemplaza en forma proporcional a la mezcla en dosificaciones de 4%, 6% y 8%; con el objetivo de reducir el porcentaje de vacíos, aumentar la estabilidad y reducir el flujo.	Dosificación del tereftalato de polietileno.	Muestra patrón.	Balanza calibrada
				Muestra con el 2%, 4% y el 8% de tereftalato de polietileno.	Balanza calibrada
VARIABLE DEPENDIENTE Mezcla asfáltica	Consiste en la combinación de material bituminoso y árido que se utiliza a menudo como superficie de pavimento. Las propiedades de la mezcla se determinan evaluando los resultados del diseño y las pruebas realizadas durante la mezcla y la compactación (Irwanto y Qadar, 2019).	La mezcla asfáltica en caliente se ensayaron con Tereftalato de polietileno, de modo que, afectaron cualidades físicas y mecánicas que mejoraron la calidad. Dentro de este estudio, se llevarán a cabo ensayos de fluencia Marshall para las cuatro combinaciones preestablecidas (N, 4%, 6%, y 8%) y se procederá a determinar el grado de reducción del diámetro de las muestras, asimismo, se realizaron para las 4 mezclas (N, 4%, 6%, y 8%) los ensayos de la estabilidad Marshall.	Propiedades físicas	% de vacíos	Manual de ensayo de materiales Fichas de laboratorio MTC E 505
			Propiedades mecánicas	Estabilidad	AASHTO-93/Marshall Fichas de laboratorio
				Flujo	MTC E 504 AASHTO T 225 Fichas de laboratorio

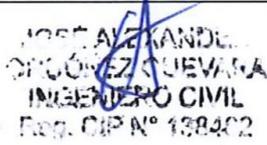
“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023

**Anexo 3: Validación**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Pagina	

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )	
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
	FECHA DE ENSAYO :

AGREGADO FINO				
ENSAYO		Arena Zarandeada	Arena Chancada	PROMEDIO
PESO DEL FRASCO + AGUA	Gr.			
PESO DE MATERIAL SATURADO SUPERFICIE SECA	Gr.			
PESO DEL FRASCO + AGUA + MUESTRA	Gr.			
PESO DEL FRASCO + AGUA + MUESTRA SAT. SUPERFIE SECA	Gr.			
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	c.c.			
PESO DE LA MUESTRA SECA	Gr.			
VOLUMEN DE LA MASA	c.c.			
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	Gr./c.c.			
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	Gr./c.c.			
PESO ESPECIFICO APARENTE	Gr./c.c.			
ABSORCION	%			

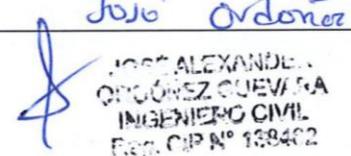
ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Juho Ordoñez
CIP (firma y sello)	 <p>JOSE ALEXANDER ORDONEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138402</p>

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
	FORMULARIO	Codigo formulario
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision
		Fecha
		Pagina

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )	
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecanicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
	FECHA DE ENSAYO :

AGREGADO GRUESO					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)				
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)				
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)				
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)				
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)				PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C				
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C				
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E				
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )				

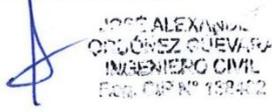
ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Odonez
CIP (firma y sello)	 <p>JOSE ALEXANDER ODONEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 138402</p>

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revisión	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Página	

ANALISIS GRANULOMETRICO	
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL	AGREGADO FINO MUESTRA:
	FECHA DE ENSAYO :

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (grs.)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				% Retenido	% Que pasa
Nº4	4.76				
Nº8	2.38				
Nº10	2.00				
Nº16	1.19				
Nº30	0.59				
Nº40	0.30				
Nº80	0.15				
Nº200	0.07				
FONDO					
TOTAL					

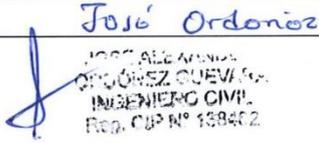
ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordoñez
CIP (firma y sello)	 JOSE ALEXANDER ORDÓÑEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 159402

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	
		Fecha	
		Página	

ANALISIS GRANULOMETRICO	
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL	AGREGADO GRUESO MUESTRA:
	FECHA DE ENSAYO :

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (grs.)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				% Retenido	% Que pasa
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
1/4"	6.3				
FONDO					
TOTAL					

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ordoñez
CIP (firma y sello)	 <p>JOSE ALFARDO ORDONEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL REG. CUP N° 138462</p>

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision	
		Fecha	
		Pagina	

PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"		
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY		
MATERIAL	COMBINACION DE AGREGADOS	FECHA DE ENSAYO :	

Nº	Proporción	Descripción	Procedencia					
1	42	Piedra chancada de 1"						
2	58	Arena zarandeada						
3								
4								
5								
Total	100							
		MATERIAL					ESPECIFICACION	
TAMIZ	ABERT. mm.	1	2	3	4	5	Combinación	MAC-1
PROPORCION		42	58	0	0			
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000							
1/2"	12.500							
3/8"	9.500							
1/4"	6.350							
# 4	4.750							
# 8	2.360							
# 10	2.000							
# 16	1.180							
# 30	0.600							
# 40	0.420							
# 80	0.180							
# 100	0.150							
# 200	0.075							
< # 200								

  
 W. LOZANO GUEVARA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 138462

ING. RESPONSABLE

"Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023"

<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revisión	
		Fecha	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Página	

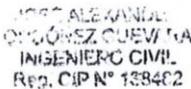
<b>ENSAYO MARSHALL</b>			
<b>(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )</b>			
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"		
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STEHFANY	VARGAS	
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA:	
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO :	

**MARSHALL - O6**

MATERIAL		% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ												
		Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200				
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0													
B	ARENA	53.80	58.0													

MEZCLA		100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6
LIMITES DE ESPECIFIC.	MAC -1 (EG-2013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8

N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.				
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.				
16	Volumen de la Probeta	c.c.				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.				
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.				
20	% de Vacios	%				
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.				
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%				
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%				
30	Lectura del Aro	kN				
31	Estabilidad sin Corregir	kg				
32	Factor de Estabilidad					
33	Estabilidad Corregida	kg				
34	Lectura del Fleximetro ( 0.1" )	pul.				
35	Fluencia	mm.				
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.				

<b>ASPECTO DE VALIDACION:</b>	
Apellido y Nombre del Validador	José Ardenán
CIP (firma y sello)	 JOSÉ ARDENÁN INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138462

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Página	

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEHFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO :

MARSHALL - O6

MATERIAL	%	%	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ																		
			Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200								
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0																		
B	ARENA	53.80	58.0																		

MEZCLA		100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6
LIMITES DE ESPECIFIC.	MAC-1 (EG-2013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8

		N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta							
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%						
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%						
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%						
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gricc.						
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gricc.						
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gricc.						
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gricc.						
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gricc.						
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gricc.						
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.						
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.						
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.						
16	Volumen de la Probeta	c.c.						
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gricc.						
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gricc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gricc.						
20	% de Vacios	%						
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gricc.						
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gricc.						
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gricc.						
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%						
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%						
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%						
27	% Vacios del Agregado Mineral	%						
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%						
29	Relacion Asfalto - Vacios	%						
30	Lectura del Aro	kN						
31	Estabilidad sin Corregir	kg						
32	Factor de Estabilidad							
33	Estabilidad Corregida	kg						
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	pul.						
35	Fluencia	mm.						
36	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm.						

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ojeda
CIP (firma y sello)	 JOSÉ ALEXANDER OJEDA GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138462

"Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023"

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
	FORMULARIO
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
	Codigo formulario
	Revision
	Fecha
	Pagina

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en Av. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO :

MARSHALL - O6

MATERIAL		% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ													
		Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200					
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0														
B	ARENA	53.80	58.0														
MEZCLA				100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6					
LÍMITES DE ESPECIFIC.				MAC-1 (EG-2013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8				

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%						
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%						
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%						
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/oc.						
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/oc.						
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/oc.						
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/oc.						
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/oc.						
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/oc.						
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.						
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.						
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.						
16	Volumen de la Probeta	c.c.						
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/oc.						
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/oc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gr/oc.						
20	% de Vacios	%						
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/oc.						
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/oc.						
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/oc.						
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%						
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%						
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%						
27	% Vacios del Agregado Mineral	%						
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%						
29	Relacion Asfalto - Vacios	%						
30	Lectura del Aro	kN						
31	Estabilidad sin Corregir	kg						
32	Factor de Estabilidad							
33	Estabilidad Corregida	kg						
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	pul.						
35	Fluencia	mm.						
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.						

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jorge Ordoñez
CIP (firma y sello)	JORGE ALVARADO ORDOÑEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 133402

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision	
Fecha			
Página			

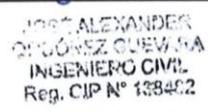
ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecanicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO :

MARSHALL - O6

MATERIAL		%	%	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ												
		Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200				
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0													
B	ARENA	53.80	58.0													

MEZCLA		100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6
LIMITES DE ESPECIFIC.	MAC -1 (EG-2013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%						
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%						
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%						
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.						
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.						
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.						
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.						
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.						
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.						
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.						
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.						
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.						
16	Volumen de la Probeta	c.c.						
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.						
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.						
20	% de Vacios	%						
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.						
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.						
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.						
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%						
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%						
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%						
27	% Vacios del Agregado Mineral	%						
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%						
29	Relacion Asfalto - Vacios	%						
30	Lectura del Aro	kN						
31	Estabilidad sin Corregir	kg						
32	Factor de Estabilidad							
33	Estabilidad Corregida	kg						
34	Lectura del Fleximetro ( 0,1" )	pul.						
35	Fluencia	mm.						
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.						

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ochoa
CIP (firma y sello)	 JOSE ALEXANDER OCHOA GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 133402



“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	
		Fecha	
		Página	

ENSAYO MARSHALL			
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)			
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"		
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STEFANY	VARGAS	
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA:	
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO :	

MATERIAL		% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ													
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0														
B	ARENA	53.80	58.0														
MEZCLA				100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.8	10.2	4.8					
LIMITE DE ESPECIFIC.				MAC-1 (E0-2012)													
				100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8					

	N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta						
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%					
5	% de pet en Peso de Mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.					
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.					
11	Peso Especifico Aparente del pet	gr/cc.					
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.					
16	Volumen de la Probeta	c.c.					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.					
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.					
20	% de Vacios	%					
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.					
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%					
27	% Vacios del Agregado Mineral	%					
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%					
29	Relacion Asfalto - Vacios	%					
30	Leitura del Aro	mm					
31	Estabilidad sin Corregr	kg					
32	Factor de Estabilidad						
33	Estabilidad Corregrida	kg					
34	Leitura del Fleximetro (0,1")	mm.					
35	Fluencia	mm.					
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.					

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Orduna
CIP (firma y sello)	 DR. ALEXANDER LOZANO GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138402

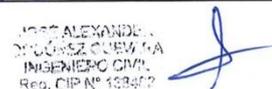
“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision	
		Fecha	
		Página	

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO :

MATERIAL		% Mezcla	% Diseño	MEZCLA PRODUCIDA CON CAL HIDRATADA									
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ									
B	ARENA	53.80	58.0	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200	
MEZCLA				100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6	
LIMITE DE ESPECIFIC.				100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	

N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%				
5	% de pet en Peso de Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	6.00
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.				
11	Peso Especifico Aparente del pet	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.				
16	Volumen de la Probeta	c.c.				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.				
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.				
20	% de Vacios	%				
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%				
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%				
30	Lectura del Aro	mm				
31	Estabilidad sin Corregr	kg				
32	Factor de Estabilidad					
33	Estabilidad Corregrida	kg				
34	Lectura del Fleximetro (0,1")	psi.				
35	Fluencia	mm.				
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.				

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	JOJO' ORDÓÑEZ
CIP (firma y sello)	 <p>JOJO' ALEXANDER ORDÓÑEZ OJEDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 133472</p>



**Anexo 4: Resultados**

**Ficha del Análisis granulométrico del agregado grueso**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision	
		Fecha	
		Pagina	
ANALISIS GRANULOMETRICO			
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"		
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO INGRID STEFANY	VARGAS ALFARO,	
MATERIAL	AGREGADO GRUESO	MUESTRA: 2	
		FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023	

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (grs.)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				% Retenido	% Que pasa
1"	25	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	658.10	32.91	32.91	67.10
1/2"	12.5	659.89	32.99	32.99	34.10
3/8"	9.5	18.01	0.90	0.90	33.20
1/4"	6.3	0.00	0.00	0.00	33.20
FONDO		664	33.20	33.20	0.00
TOTAL		2000.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordoñez
CIP (firma y sello)	 JOSE ALEXANDE ORDÓÑEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138462

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

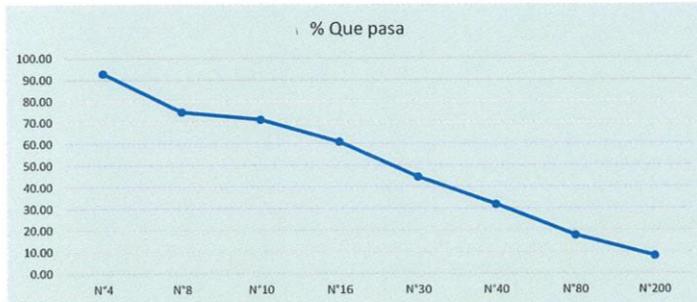
Ficha del análisis granulométrico del agregado fino

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
	FORMULARIO	Codigo formulario
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision
		Fecha
		Pagina

ANALISIS GRANULOMETRICO	
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL	AGREGADO FINO MUESTRA: 1
	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

Tamiz	Abertura (mm.)	Peso retenido (grs.)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				% Retenido	% Que pasa
Nº4	4.76	71.89	7.19	7.19	92.81
Nº8	2.38	178.25	17.83	17.83	74.99
Nº10	2.00	36.01	3.60	3.60	71.39
Nº16	1.19	103.12	10.31	10.31	61.07
Nº30	0.59	162.76	16.28	16.28	44.80
Nº40	0.30	127.97	12.80	12.80	32.00
Nº80	0.15	144.00	14.40	14.40	17.60
Nº200	0.07	96.00	9.60	9.60	8.00
FONDO		80.00	8.00	8.00	0.00
TOTAL		1000.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordoñez
CIP (firma y sello)	 JOSE ALEXANDER GONZALEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 108462

Ficha análisis granulométrico de la combinación de agregados

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revisión	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Página	

PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"	
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STHEFANY	VARGAS
MATERIAL	COMBINACION DE AGREGADOS	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

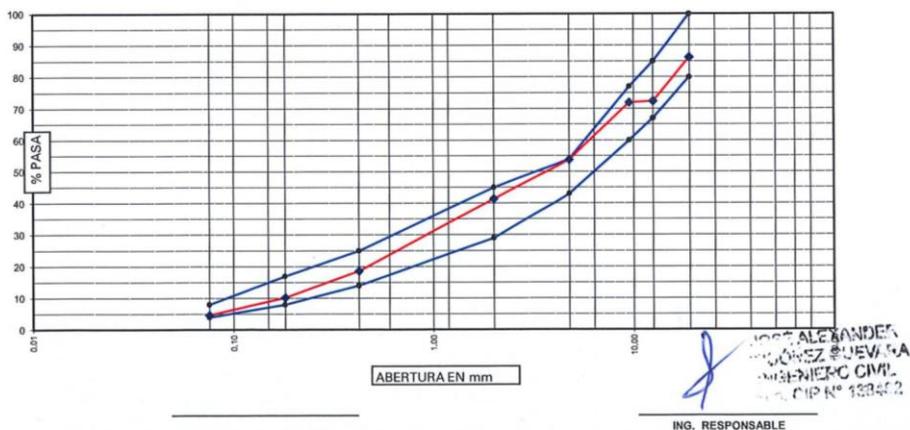
Nº	Proporción	Descripción	Procedencia
1	42	Piedra chancada de 1"	
2	58	Arena zarandeada	
3			
4			
5			
<b>Total</b>	<b>100</b>		

TAMIZ	ABERT. mm.	MATERIAL					Combinación	ESPECIFICACION	
		1	2	3	4	5		MAC-1	
PROPORCION		42	58	0	0				
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000	100.00					100	100	
3/4"	19.000	67.10	100.0				86.2	80	100
1/2"	12.500	34.10	100.0				72.3	67	85
3/8"	9.500	33.20	100.0				71.9	60	77
1/4"	6.350	33.20	100.0						
# 4	4.750		92.81				53.8	43	54
# 8	2.360		74.99				43.5		
# 10	2.000		71.39				41.4	29	45
# 16	1.180		61.07				35.4		
# 30	0.600		44.80				26.0		
# 40	0.420		32.00				18.6	14	25
# 80	0.180		17.60				10.2	8	17
# 100	0.150						0.0		
# 200	0.075		8.00				4.6	4	8
< # 200									

CURVA GRANULOMETRICA

Nº200    Nº 80    Nº 40    Nº 10    Nº 4    3/8" 1/2" 3/4" 1"



“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

Ficha ensayo Marshall muestra base con 4% de C.A

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
	FORMULARIO	Codigo formulario
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision
Fecha		
Pagina		

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

**MARSHALL - O6**

MATERIAL	%	
	Mezcla	Diseño
A GRAVA TRITURADA	46.20	42.0
B ARENA	53.80	58.0

POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200	
MEZCLA	100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6	
LIMITES DE ESPECIFIC.	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	

MEZCLA										
LIMITES DE ESPECIFIC.	MAC-1 (EG-2013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	40.32	40.32	40.32	40.32	40.32	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	55.68	55.68	55.68	55.68	55.68	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742	2.742	2.722
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701	2.701	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.741
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.						
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1176.3	1176.5	1175.7	1176.1	1175.3	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1176.3	1176.5	1175.7	1176.1	1175.3	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	684.3	684.4	683.4	684.2	683.1	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	492.0	492.1	492.3	491.9	492.2	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.391	2.391	2.388	2.391	2.388	2.390
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	2.556	2.556	
20	% de Vacios	%	6.5	6.5	6.6	6.5	6.6	6.5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.764	2.764	2.764	2.791	2.791	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.733	2.733	2.733	2.733	2.733	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.95	84.95	84.85	84.95	84.84	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	8.60	8.59	8.59	8.60	8.58	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	15.05	15.05	15.15	15.05	15.16	15.1
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	57.1	57.1	56.7	57.1	56.6	56.9
30	Lectura del Aro	kN	19.33	19.13	19.25	19.17	19.46	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1972	1951	1963	1955	1984	
32	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	
33	Estabilidad Corregida	kg	2149	2126	2140	2131	2163	2142
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	pul.	10.7	10.8	10.6	10.4	10.8	
35	Fluencia	mm.	2.73	2.74	2.69	2.64	2.74	2.7
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	7872	7760	7955	8071	7893	7910

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	<i>José Alexander</i>
CIP (firma y sello)	 <p>JOSE ALEXANDER RODRIGUEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138402</p>

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

Ficha ensayo Marshall muestra base con 4.5% de C.A

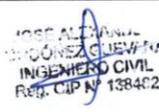
ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en Av. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70
MUESTRA:	
FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023	

MARSHALL - O6

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ									
A GRAVA TRITURADA	46.20	42.0	1	3/4	1/2"	3/8	N#4	N#10	N#40	N#80	N#200	
B ARENA	53.80	58.0										

MEZCLA	MAC-1 (EG-2013)	100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6
LIMITES DE ESPECIFIC.		100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	40.11	40.11	40.11	40.11	40.11	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	55.39	55.39	55.39	55.39	55.39	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742	2.742	2.722
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701	2.701	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.741
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.						
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1176.5	1176.5	1176.9	1176.1	1176.8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1176.5	1176.5	1176.9	1176.1	1176.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	692.1	691.8	691.6	692.4	692.7	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	484.4	484.7	485.3	483.7	484.1	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.429	2.427	2.425	2.431	2.431	2.429
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.535	2.535	2.535	2.535	2.535	
20	% de Vacios	%	4.2	4.3	4.3	4.1	4.1	4.2
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.764	2.764	2.764	2.791	2.791	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.733	2.733	2.733	2.733	2.733	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.85	85.79	85.72	85.94	85.92	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.95	9.94	9.94	9.96	9.96	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.15	14.21	14.28	14.06	14.08	14.2
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	70.3	70.0	69.6	70.9	70.7	70.3
30	Lectura del Aro	kN	19.33	19.21	19.17	19.25	19.13	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1971.6	1959.1	1954.9	1963.2	1950.7	
32	Factor de Estabilidad		1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	
33	Estabilidad Corregida	kg	2247.60	2233.34	2228.59	2238.09	2223.83	2234
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	puL	13.5	13.1	13.0	13.2	12.9	
35	Fluencia	mm.	3.43	3.33	3.30	3.35	3.28	3.3
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6553	6707	6753	6681	6780	6695

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jojo Ordóñez
CIP (firma y sello)	 <p>INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 138402</p>

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

Ficha ensayo Marshall muestra base con 5% de C.A.

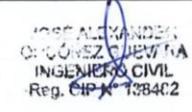
	FORMULARIO	Codigo formulario	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision	
		Fecha	
		Pagina	

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STHEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA:
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

MARSHALL - O6

MATERIAL	Mezcla	% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
				1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200		
A	GRAVA TRITURADA	46,20	42,0											
B	ARENA	53,80	58,0											
MEZCLA				100,0	86,2	72,3	71,9	53,8	41,4	18,6	10,2	4,6		
LÍMITES DE ESPECÍFIC.				100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8		

Nº	Descripción	Unidad	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta	N						
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	39.90	39.90	39.90	39.90	39.90	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	55.10	55.10	55.10	55.10	55.10	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742	2.742	2.722
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701	2.701	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.741
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.						
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1173.0	1172.8	1173.2	1173.4	1173.3	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1173.0	1172.8	1173.2	1173.4	1173.3	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	693.6	693.2	693.7	693.6	693.8	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	479.4	479.6	479.5	479.8	479.5	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.447	2.445	2.447	2.446	2.447	2.446
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.515	2.515	2.515	2.515	2.515	
20	% de Vacios	%	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.764	2.764	2.764	2.792	2.792	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.733	2.733	2.733	2.733	2.733	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.03	85.98	86.03	85.99	86.04	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.25	11.24	11.25	11.25	11.25	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	13.97	14.02	13.97	14.01	13.96	14.0
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	80.6	80.2	80.5	80.3	80.6	80.4
30	Lectura del Aro	kN	19.54	19.62	19.66	19.74	19.50	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1992	2001	2005	2013	1988	
32	Factor de Estabilidad		1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	
33	Estabilidad Corregida	kg	2271	2281	2286	2295	2267	2280
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	pul.	13.81	13.79	13.82	13.83	13.84	
35	Fluencia	mm.	3.51	3.50	3.51	3.51	3.52	3.5
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6471	6517	6512	6539	6439	6496

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ordóñez
CIP (firma y sello)	 <p>JOSE ALFONSO ORDÓÑEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138402</p>



“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

Ficha ensayo Marshall muestra base con 6% de C.A

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha		
	Pagina		

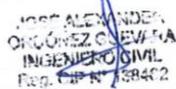
ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )			
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"		
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STHEFANY	VARGAS	
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA:	
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023	

MARSHALL - O6

MATERIAL	Mezcla	% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
				1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200		
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0											
B	ARENA	53.80	58.0											

MEZCLA	MAC-1 (EG-2013)	100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6
LIMITES DE ESPECIFIC.	MAC-1 (EG-2013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8

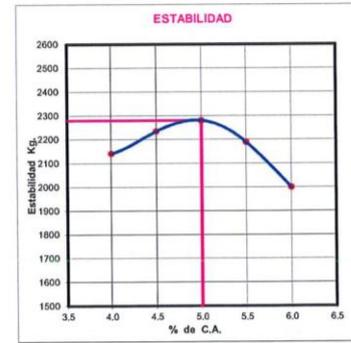
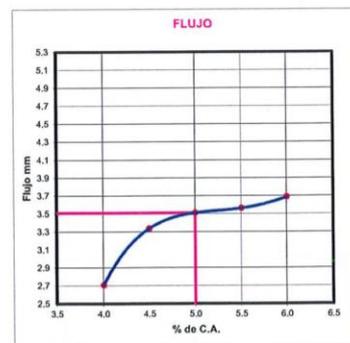
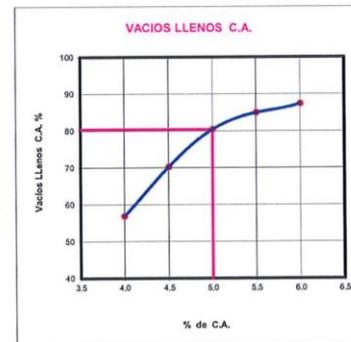
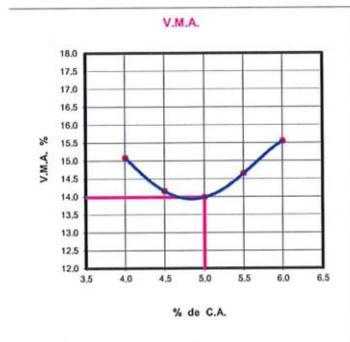
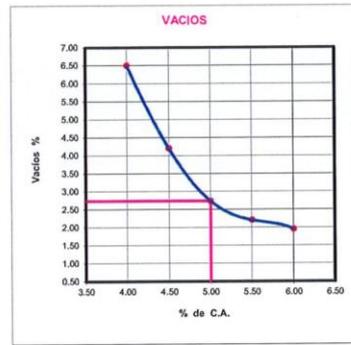
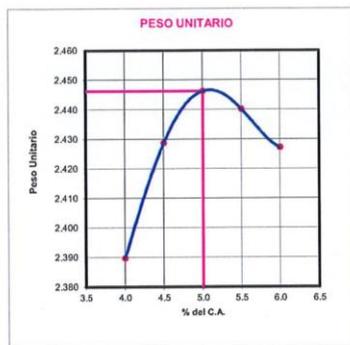
N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	6.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	39.48	39.48	39.48	39.48
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	54.52	54.52	54.52	54.52
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1177.6	1176.9	1175.5	1177.8
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1177.6	1176.9	1175.5	1177.8
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	692.5	691.7	692.9	691.8
16	Volumen de la Probeta	c.c.	485.1	485.2	482.6	486.0
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.428	2.426	2.436	2.423
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.476	2.476	2.476	2.476
20	% de Vacios	%	1.9	2.0	1.6	2.1
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.764	2.764	2.764	2.792
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.733	2.733	2.733	2.733
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.42	0.42	0.42	0.42
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.46	84.39	84.74	84.31
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.60	13.59	13.64	13.58
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	15.54	15.61	15.26	15.69
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.61	5.61	5.61	5.61
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	87.5	87.0	89.4	86.5
30	Lectura del Aro	kN	17.90	17.94	17.99	18.03
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1826	1830	1834	1838
32	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.09	1.09
33	Estabilidad Corregida	kg	1990	1995	1999	2004
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	pul.	14.1	14.2	14.6	14.9
35	Fluencia	mm.	3.58	3.61	3.71	3.78
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	5559	5525	5388	5301

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordóñez
CIP (firma y sello)	 JOSE ALEXANDER ORDÓÑEZ OJEDA INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 159402

Ficha de ensayo Marshall para el contenido óptimo de asfalto

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
	FORMULARIO	Codigo formulario
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision
		Fecha
		Pagina

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )		
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"	
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STEFANY	VARGAS
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA:
CEM. ASF	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023



*[Handwritten Signature]*  
 DR. ALEXANDER  
 GÓMEZ GUEVARA  
 INGENIERO CIVIL  
 RUC. CIP N° 438862

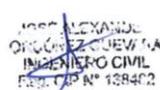
PESO UNITARIO	2.39	2.43	2.45	2.44	2.43
C.A.	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
VACIOS	6.50	4.20	2.74	2.21	1.96
V.M.A.	15.09	14.15	13.99	14.65	15.56
V.L.L.C.A.	56.93	70.30	80.43	84.94	87.42
FLUJO	2.71	3.34	3.51	3.56	3.69
ESTABILIDAD	2141.75	2234.29	2279.91	2189.01	1999.06

Ficha gravedad especifica muestra base

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Pagina	

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )		
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"	
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY	
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA:
CEM. ASF	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

AGREGADO FINO				
ENSAYO		Arena Zarandeada	Arena Chancada	PROMEDIO
PESO DEL FRASCO + AGUA	Gr.	651.9	651.9	
PESO DE MATERIAL SATURADO SUPERFICIE SECA	Gr.	200.0	200.0	
PESO DEL FRASCO + AGUA + MUESTRA	Gr.	851.9	851.9	
PESO DEL FRASCO + AGUA + MUESTRA SAT. SUPERFIE SECA	Gr.	780.0	777.2	
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	c.c.	71.9	74.7	
PESO DE LA MUESTRA SECA	Gr.	197.8	198.1	
VOLUMEN DE LA MASA	c.c.	69.7	72.8	
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	Gr./c.c.	2.751	2.652	2.701
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	Gr./c.c.	2.782	2.677	2.730
PESO ESPECIFICO APARENTE	Gr./c.c.	2.838	2.721	2.780
ABSORCION	%	1.11	0.96	1.04

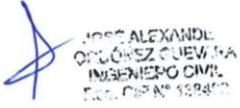
ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordóñez
CIP (firma y sello)	 <p>INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 128462</p>

"Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023"

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Pagina	

ENSAYO MARSHALL			
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )			
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"		
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STEFANY		VARGAS
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA:	
CEM. ASF	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023	

AGREGADO GRUESO					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	2021	1840		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	1280	1160		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	741	680		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	2002	1838		
E	Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)	722	678		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.702	2.703		2.702
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.727	2.706		2.717
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.773	2.711		2.742
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.95	0.11		0.53

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordoñez
CIP (firma y sello)	

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

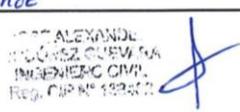
Ficha de ensayo Marshall muestra con incorporación de 4% de PET

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
	FORMULARIO
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
	Código formulario
	Revisión
	Fecha
	Página

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en Av. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA: 4% PET
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

MATERIAL		% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ																
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0																	
B	ARENA	53.80	58.0																	
				1	3/4	10"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200								
MEZCLA				100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6								
LIMITE DE ESPECIFIC.				100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	6-17	4-8								

N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.22	38.22	38.22	38.22
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	52.78	52.78	52.78	52.78
5	% de pet en Peso de Mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780
11	Peso Especifico Aparente del pet	gr/cc.	1.500	1.500	1.500	1.500
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1182.4	1186.9	1183.9	1184.2
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1182.4	1186.9	1183.9	1184.2
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	688.9	692.1	687.9	689.2
16	Volumen de la Probeta	c.c.	493.5	494.8	496.0	492.6
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.396	2.399	2.387	2.392
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.441	2.441	2.441	2.441
20	% de Vacios	%	1.9	1.7	2.2	1.8
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.614	2.614	2.614	2.614
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.669	2.885	2.885	2.793
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.641	2.853	2.853	2.853
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.40	3.21	3.21	3.21
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	87.09	87.19	86.76	86.95
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.06	11.07	11.02	11.04
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	12.91	12.81	13.24	13.05
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.62	1.95	1.95	1.95
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	85.6	86.4	83.2	84.6
30	Lectura del Aro	kN	20.40	20.48	20.64	20.60
31	Estabilidad sin Corregir	kg	2080	2088	2105	2101
32	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.09	1.09
33	Estabilidad Corregida	kg	2267	2276	2294	2290
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	mil.	12.9	13.1	13.5	14.1
35	Fluencia	mm.	3.28	3.33	3.43	3.61
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6912	6836	6689	6343

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordoñez
CIP (firma y sello)	

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

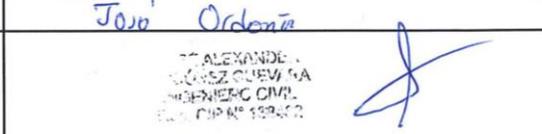
Ficha de ensayo Marshall muestra con incorporación de 6% de PET

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
	FORMULARIO	Codigo formulario
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión
		Fecha
		Página

ENSAYO MARSHALL	
(NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecanicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA: 6% PET
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

MATERIAL		% Mezcla	% Diseño	MEZCLA PRODUCIDA CON CAL HIDRATADA									
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ									
B	ARENA	53.80	58.0	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	
MEZCLA				100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.8	10.2	4.6	
LIMITE DE ESPECIFIC.				100	60-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	

N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.38	37.38	37.38	37.38
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	51.62	51.62	51.62	51.62
5	% de pet en Peso de Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	6.00
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780
11	Peso Especifico Aparente del pet	gr/cc.	1.500	1.500	1.500	1.500
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1192.5	1191.6	1187.8	1190.4
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1192.5	1191.6	1187.8	1190.4
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	684.6	683.7	682.9	682.1
16	Volumen de la Probeta	c.c.	507.9	507.9	504.9	508.3
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.348	2.348	2.353	2.342
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.406	2.406	2.406	2.406
20	% de Vacios	%	2.4	2.5	2.2	2.7
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.572	2.572	2.572	2.572
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.624	2.950	2.950	2.793
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.598	2.917	2.917	2.917
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.39	4.61	4.61	4.61
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.73	86.67	86.90	86.51
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.86	10.85	10.88	10.83
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	13.27	13.33	13.10	13.49
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.63	0.62	0.62	0.62
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	81.8	81.4	83.1	80.3
30	Lectura del Aro	kN	19.54	19.74	19.50	19.46
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1992	2013	1988	1984
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	1.04
33	Estabilidad Corregida	kg	2072	2094	2068	2063
34	Lectura del Flaximetro (0.1")	mil.	19.5	21.5	18.9	21.4
35	Fluencia	mm.	4.95	5.46	4.80	5.44
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4186	3835	4308	3793

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ordóñez
CIP (firma y sello)	

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

Ficha de ensayo Marshall muestra con incorporación de 8% de PET

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
	FORMULARIO
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
	Codigo formulario
	Revision
	Fecha
	Pagina

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)	
PROYECTO :	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en Av. Canta Callao, 2023"
SOLICITANTE :	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEHEFANY
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MUESTRA: 8% PET
CEM. ASF. :	PENETRACION 60/70 FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

MATERIAL		%	%
A	GRAVA TRITURADA	46.20	42.0
B	ARENA	53.80	58.0

POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ											
		1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200	
MEZCLA		100.0	86.2	72.3	71.9	53.8	41.4	18.6	10.2	4.6	
LIMITES DE ESPECIFIC.	MAC-1 (EG-3013)	100	80-100	67-85	60-77	43-54	29-45	14-25	8-17	4-8	

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	36.54	43.89	43.89	43.89	43.89	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	50.46	51.11	51.11	51.11	51.11	
5	% de pet en Peso de Mezcla	%	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	1.0008	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.702	2.702	2.702	2.702	2.702	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.742	2.742	2.742	2.742	2.742	2.722
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.701	2.701	2.701	2.701	2.701	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.780	2.780	2.780	2.780	2.780	2.741
11	Peso Especifico Aparente del pet	gr/cc.	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1196.2	1193.1	1194.7	1189.4	1195.8	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1196.2	1193.1	1194.7	1189.4	1195.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	678.2	674.8	675.1	672.3	673.9	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	518.0	518.3	519.6	517.1	521.9	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.309	2.302	2.299	2.300	2.291	2.300
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.						
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	
20	% de Vacios	%	2.6	2.9	3.1	3.0	3.4	3.0
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.531	2.544	2.544	2.544	2.544	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.581	2.593	2.593	2.593	2.593	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.556	2.962	2.962	2.962	2.962	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.38	5.56	5.56	5.56	5.56	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	86.67	93.21	93.11	93.14	92.78	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.70	3.85	3.84	3.84	3.83	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	13.33	6.79	6.89	6.86	7.22	8.2
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.64	-0.73	-0.73	-0.73	-0.73	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	80.3	56.7	55.7	56.1	53.1	60.4
30	Lectura del Aro	kN	19.38	19.25	19.21	19.46	19.33	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1976	1963	1959	1984	1972	
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad Corregida	kg	1976	1963	1959	1984	1972	1971
34	Lectura del Fleximetro (0.1")	pul.	25.4	20.9	30.9	22.8	26.1	
35	Fluencia	mm.	6.45	5.30	7.85	5.79	6.63	6.4
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3063	3704	2496	3427	2974	3133

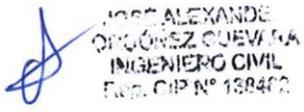
ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordoña
CIP (firma y sello)	JOSE ALEXANDER LOZANO GUEVARA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 189402

Ficha gravedad específica

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Pagina	

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )		
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"	
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO VARGAS ALFARO, INGRID STEFANY	
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA: 1
CEM. ASF	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

AGREGADO FINO				
ENSAYO		Arena Zarandeada	Arena Chancada	PROMEDIO
PESO DEL FRASCO + AGUA	Gr.	651.9	651.9	
PESO DE MATERIAL SATURADO SUPERFICIE SECA	Gr.	200.0	200.0	
PESO DEL FRASCO + AGUA + MUESTRA	Gr.	851.9	851.9	
PESO DEL FRASCO + AGUA + MUESTRA SAT. SUPERFIE SECA	Gr.	780.0	777.2	
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS	c.c.	71.9	74.7	
PESO DE LA MUESTRA SECA	Gr.	197.8	198.1	
VOLUMEN DE LA MASA	c.c.	69.7	72.8	
PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA	Gr./c.c.	2.751	2.652	2.701
PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA	Gr./c.c.	2.782	2.677	2.730
PESO ESPECIFICO APARENTE	Gr./c.c.	2.838	2.721	2.780
ABSORCION	%	1.11	0.96	1.04

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ojeda
CIP (firma y sello)	 JOSÉ ALEXANDE OJEDAZ GUEVARA INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 158400

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
	FORMULARIO	Codigo formulario
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revision
		Fecha
		Pagina

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 )		
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"	
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STEFANY	VARGAS
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA: 2
CEM. ASF	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

AGREGADO GRUESO					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	2021	1840		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	1280	1160		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	741	680		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	2002	1838		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	722	678		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.702	2.703		2.702
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.727	2.706		2.717
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.773	2.711		2.742
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.95	0.11		0.53

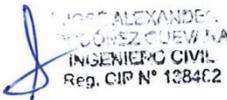
ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	José Ordóñez
CIP (firma y sello)	 JOSÉ ALEXANDER RODRÍGUEZ GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 1384C2

“Incorporación de la fibra de PET en el % de vacíos, estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica como propuesta de mejoramiento para la Av. Canta Callao, 2023”

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
	FORMULARIO	Codigo formulario	
		Revision	
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha	
		Pagina	

ENSAYO MARSHALL (NORMA MTC E 504 - AASHTO T-245 Y ASTM D-1559)		
PROYECTO	Tesis "Propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica adicionando fibra de tereftalato de polietileno en AV. Canta Callao, 2023"	
SOLICITANTE	LOZANO GUEVARA, WILLIAM ROBERTO ALFARO, INGRID STHEFANY	VARGAS
MATERIAL	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	MUESTRA: 2
CEM. ASF	PENETRACION 60/70	FECHA DE ENSAYO : 26/05/2023

AGREGADO GRUESO					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	2021	1840		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	1280	1160		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	741	680		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	2002	1838		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	722	678		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.702	2.703		2.702
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.727	2.706		2.717
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.773	2.711		2.742
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.95	0.11		0.53

ASPECTO DE VALIDACION:	
Apellido y Nombre del Validador	Jose Ordenes
CIP (firma y sello)	 <p>JOSÉ ALEXANDER ORDENES GUEVARA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 138462</p>

Anexo 5: Certificados



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-038



006-42 / v1.00 - Sep 2019  
Pág. 2 de 3

Certificado de Calibración  
LMB23-0482

TRAZABILIDAD

Fuente de Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
MSG	Juego de pesas desde 100 mg hasta 1 kg Clase	LMP22-0083
MSG	Pesa de 2 kg Clase M2	LMP23-0073
MSG	Pesa de 2 kg Clase M2	LMP23-0074
MSG	Pesa de 5 kg Clase M2	LMP23-0075

MÉTODO - PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido según el PC-001 - Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - INACAL-DM. Edición 01 Mayo 2019

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	: CONFORME	Escala	: NO TIENE
Oscilación libre	: CONFORME	Cursor	: NO TIENE
Plataforma	: CONFORME	Nivelación	: CONFORME
Sistema de traba	: NO TIENE	Función de ajuste (CAL)	: Interna <input type="checkbox"/> Externa <input checked="" type="checkbox"/> No tiene: <input type="checkbox"/>

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

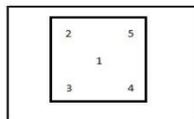
Temp. Ambiente Inicial = 25,5 °C Humedad (%) Inicial = 63,2 %  
Final = 25,5 °C Final = 63,2 %

Medición N°	Carga L <sub>1</sub> = 3000,03400 g			Carga L <sub>2</sub> = 6000,02400 g			
	I g	ΔL g	E <sub>1</sub> g	I g	ΔL g	E <sub>2</sub> g	
1	3 000,0	0,06	-0,04	6 000,0	0,06	-0,03	
2	3 000,0	0,06	-0,04	6 000,0	0,07	-0,04	
3	3 000,0	0,06	-0,04	6 000,0	0,07	-0,04	
4	3 000,0	0,07	-0,05	6 000,0	0,06	-0,03	
5	3 000,0	0,07	-0,05	6 000,0	0,07	-0,04	
6	3 000,0	0,06	-0,04	6 000,0	0,07	-0,04	
7	3 000,0	0,06	-0,04	6 000,0	0,06	-0,03	
8	3 000,0	0,07	-0,05	6 000,0	0,07	-0,04	
9	3 000,0	0,07	-0,05	6 000,0	0,06	-0,03	
10	3 000,0	0,06	-0,04	6 000,0	0,07	-0,04	
ΔE <sub>1</sub> =Max E <sub>1</sub> - Min E <sub>1</sub> =			0,01 g	ΔE <sub>2</sub> =Max E <sub>2</sub> - Min E <sub>2</sub> =			0,01 g
EMP para L <sub>1</sub> =			± 3,0 g	EMP para L <sub>2</sub> =			± 3,0 g

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura Ambiente Inicial = 25,5 °C Humedad (%) Inicial = 63,2 %  
Final = 25,6 °C Final = 64,1 %

Posición de la carga	Determinación de E <sub>2</sub>				Determinación de error corregido E <sub>c</sub>				
	Carga mínima g	I g	ΔL g	E <sub>0</sub> g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E <sub>c</sub> g
1	1,00120	1,0	0,06	-0,01	2 000,01000	2 000,0	0,06	-0,02	-0,01
2		1,0	0,07	-0,02		2 000,0	0,06	-0,02	0,00
3		1,0	0,06	-0,01		2 000,2	0,07	0,17	0,18
4		1,0	0,06	-0,01		2 000,0	0,07	-0,03	-0,02
5		1,0	0,07	-0,02		1 999,8	0,06	-0,22	-0,20
Posición de las cargas					EMP para carga E <sub>c</sub> en excentricidad = ± 2,0 g				



Vista Frontal

NOMENCLATURA

I: Indicación de la balanza  
E<sub>1</sub>: Error en ensayo de repetibilidad carga L<sub>1</sub>  
E<sub>2</sub>: Error en ensayo de repetibilidad carga L<sub>2</sub>

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.  
Jr. Las Grevas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telef.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283  
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-038



DOG-42 / Ed.00 - Sep 2019  
Pág. 3 de 3

**Certificado de Calibración**  
**LMB23-0482**

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura Ambiente Inicial = 25,6 °C Humedad (%) Inicial = 64,1 %  
Final = 25,6 °C Final = 64,1 %

Carga L g	Cargas crecientes				Cargas decrecientes				EMP ± g
	I g	ΔL g	E g	E <sub>c</sub> g	I g	ΔL g	E g	E <sub>c</sub> g	
1,00120	1,0	0,06	-0,01						
2,00150	2,0	0,07	-0,02	-0,01	2,0	0,07	-0,02	-0,01	1,0
10,00260	10,0	0,07	-0,02	-0,01	10,0	0,07	-0,02	-0,01	1,0
100,00200	100,0	0,06	-0,01	0,00	100,0	0,06	-0,01	0,00	1,0
500,00600	500,0	0,06	-0,02	0,00	500,0	0,06	-0,02	0,00	1,0
1 000,02400	1 000,0	0,06	-0,03	-0,02	1 000,0	0,06	-0,03	-0,02	2,0
2 000,01000	2 000,0	0,06	-0,02	-0,01	2 000,0	0,06	-0,02	-0,01	2,0
3 000,03400	3 000,0	0,07	-0,05	-0,04	3 000,0	0,07	-0,05	-0,04	3,0
4 000,01000	4 000,0	0,07	-0,03	-0,02	4 000,0	0,07	-0,03	-0,02	3,0
5 000,00000	5 000,0	0,06	-0,01	0,00	5 000,0	0,06	-0,01	0,00	3,0
6 000,02400	6 000,0	0,07	-0,04	-0,03	6 000,0	0,07	-0,04	-0,03	3,0

**NOMENCLATURA**

- L : Carga aplicada utilizando pesas patrón.
- I : Indicación de la balanza.
- E : Error obtenido de calcular  $I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$
- ΔL: Carga incrementada
- E<sub>c</sub> : Error corregido resultante de calcular  $E - E_0$
- E<sub>0</sub> : Error en cero
- EMP : Error Máximo Permissible

**LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA**

$$R_{CORREGIDA} = R + 5,955E-06 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{1,693E-03 + 8,469E-08 \times R^2} \text{ g}$$

**NOMENCLATURA**

- R : Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.
- R<sub>CORREGIDA</sub> : Lectura corregida de la balanza.
- U<sub>R</sub> : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

**INDICACIONES ADICIONALES**

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- La capacidad mínima para esta clase de balanza según la NMP-003-2009 es de **2 g**
- La clase de exactitud de esta balanza según la NMP-003-2009 es **Media III**
- El valor de división de verificación ( e ) se escogió de acuerdo a la consideración del PC-001.Ed. 01;Acápites 10.1
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP g
6 000	6 003,6	3,6	3,0

Debido a los errores obtenidos en la verificación, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna  No se hizo ajuste

CAL externa  Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.**  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.  
Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283  
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMF-108-2021**

**BAÑO MARÍA**

1. **SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SAC  
**DIRECCIÓN** : Av. Alfredo Mendiola N°6062. Los Olivos, LIMA.

2. **EQUIPO**  
 Marca : FONEY Modelo : LA-2136-01  
 N° de Serie : 511032 Procedencia : USA  
 Código de Identif. : 3-004915 Ventilación : SI  
 Temp de trabajo : 60 ± 1 °C  
 Ubicación : Laboratorio de Concreto

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

Nombre	Alcance de Indicación	División Mínima	Tipo
Termómetro	150°F (65.5°C)	0,1 °C	Digital

3. **FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**  
 Calibrado el 2021-06-03 al 2021-06-03 en las Instalaciones de UPN Campus-Los Olivos

4. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
 La calibración se efectuó, por comparación directa con patrones calibrados usando medios isotermicos de temperatura controlada.

5. **TRAZABILIDAD**  
 Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI)

Código	Instrumento Patrón	Certificado de calibración
DTSO-124	Termometro de Indicación Digital	118-2021-CT

6. **CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,2	19,6
H. Relativa (%HR)	65	66

7. **OBSERVACIONES**

- La calibración se efectuó 3 horas después que se cerró la puerta y se encendió el equipo.
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma CUMPLE con los limites especificados de temperatura.
- El controlador del equipo se programó en 100 °C para la temperatura de trabajo indicada en el Item 4.
- Se dejó marcada con una etiqueta la posición en el controlador del equipo para la temperatura de trabajo indicada en el Item 4
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento y del equipo de medición.

  
**José Javier Gómez Colque**  
 Jefe de Metrología



11. Resultado:

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) (Termómetro del equipo)	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	T max -T min (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	59,3	59,0	58,9	59,1	59,7	58,4	60,0	59,2	58,9	58,8	59,4	59,1	1,6
02	59,7	60,7	59,2	60,2	60,5	59,7	60,0	60,5	59,3	60,0	59,7	60,0	1,5
04	61,0	60,8	60,8	60,6	60,9	61,1	60,3	61,3	61,9	61,1	60,0	60,9	1,9
06	59,4	59,8	58,6	59,0	60,1	58,5	58,8	59,5	58,5	59,6	60,2	59,3	1,7
08	59,3	58,8	58,3	58,5	59,3	59,7	58,7	60,2	58,7	59,2	59,6	59,1	1,9
10	60,0	59,2	60,6	60,4	59,6	60,5	59,7	60,8	60,5	60,9	60,7	60,3	1,7
12	59,4	58,6	60,1	58,5	58,6	58,9	59,9	58,8	59,9	58,4	58,7	59,0	1,7
14	59,0	58,3	58,2	58,5	59,2	58,7	58,1	59,6	58,7	59,3	58,5	58,7	1,5
16	60,1	60,9	60,1	60,7	60,6	60,0	59,7	59,9	60,2	60,0	60,4	60,2	1,2
18	59,5	58,8	60,5	58,9	60,4	59,5	59,1	59,8	60,2	59,9	58,9	59,6	1,7
20	60,6	59,7	60,4	61,4	61,1	61,4	59,7	60,8	61,3	61,0	61,3	60,8	1,7
22	60,2	60,3	59,6	60,7	60,9	61,1	60,8	61,0	60,2	60,2	61,1	60,6	1,5
24	59,1	58,7	60,0	58,6	59,7	58,1	59,8	59,2	59,0	58,4	58,7	59,0	1,8
26	60,4	59,8	60,9	60,8	60,6	61,4	61,2	60,1	60,6	60,6	59,8	60,6	1,6
28	60,8	60,4	61,2	60,6	60,6	60,2	61,5	59,8	61,4	60,4	61,1	60,7	1,7
30	59,4	58,8	60,2	59,7	59,0	58,6	59,0	58,7	59,9	59,9	58,9	59,3	1,6
32	60,1	60,7	59,5	59,2	60,6	61,1	60,7	59,8	60,1	60,3	61,0	60,3	1,9
34	59,1	59,2	58,8	58,9	59,7	59,6	59,8	60,0	59,0	59,9	60,1	59,5	1,3
36	60,7	61,6	61,2	60,3	61,1	61,5	61,5	59,7	59,9	59,9	60,5	60,7	1,9
38	59,4	59,6	58,9	58,6	60,1	60,0	59,3	58,8	59,2	59,3	58,6	59,2	1,5
40	59,4	58,5	59,1	59,1	59,0	59,6	59,2	60,2	60,2	58,6	58,7	59,2	1,7
42	59,7	58,8	58,7	59,4	60,5	58,9	59,8	59,5	59,7	60,3	59,1	59,5	1,8
44	59,7	60,4	60,1	58,7	60,7	59,2	59,3	58,7	60,6	60,4	60,0	59,8	1,9
46	59,3	58,3	58,7	60,0	60,2	59,8	60,3	58,3	60,0	60,1	59,2	59,5	2,0
48	60,3	60,6	59,7	60,1	60,5	60,5	61,2	59,8	60,5	60,2	60,4	60,3	1,5
50	60,1	60,4	59,3	60,4	61,0	59,5	60,7	59,9	60,9	59,2	59,4	60,1	1,8
52	60,5	60,4	60,5	60,8	60,0	60,8	60,6	61,3	61,1	61,4	60,2	60,7	1,5
54	61,0	61,7	61,3	60,9	60,8	61,0	61,7	61,7	61,6	61,4	60,7	61,3	1,1
56	59,3	59,1	59,4	58,4	58,9	58,6	59,7	59,4	59,0	58,9	58,9	59,0	1,4
58	59,1	58,1	59,1	59,6	58,1	58,2	58,7	58,7	59,2	58,6	59,8	58,8	1,7
60	59,9	59,6	59,4	60,5	60,9	60,1	59,9	59,6	60,1	59,2	60,4	60,0	1,6
<b>T.PROM</b>	59,8	59,7	59,7	59,7	60,1	59,8	60,0	59,8	60,0	59,9	59,8	59,8	
<b>T.MAX</b>	61,0	61,7	61,3	61,4	61,1	61,5	61,7	61,7	61,9	61,4	61,3		
<b>T.MIN</b>	59,0	58,1	58,2	58,4	58,1	58,1	58,1	58,3	58,5	58,4	58,5		
<b>DTT</b>	2,0	3,6	3,1	3,0	3,0	3,3	3,6	3,4	3,3	3,0	2,8		

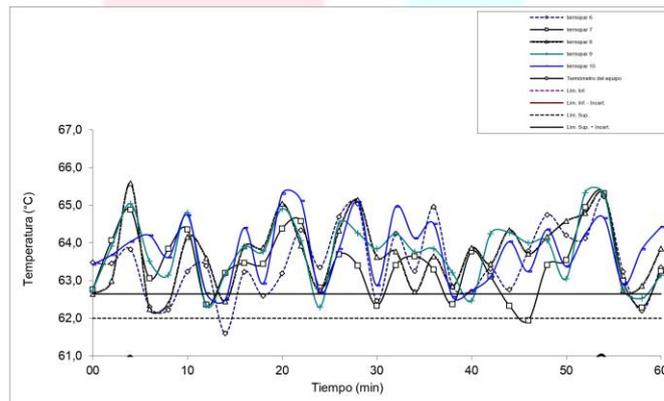
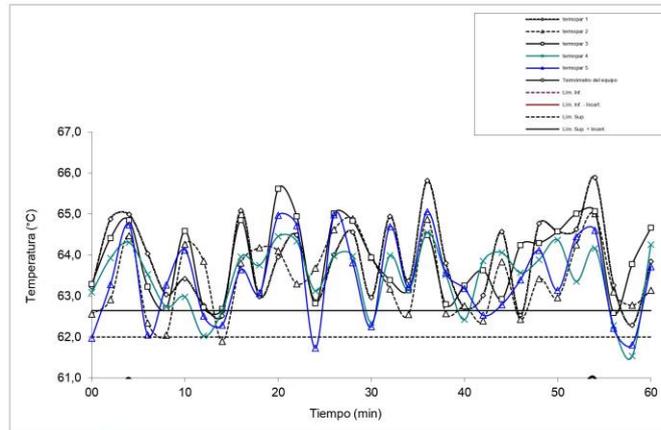
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	61,9	0,65
Mínima Temperatura Medida	58,1	0,65
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3,6	0,08
Desviación de Temperatura en el Espacio	0,4	0,77
Estabilidad Medida (±)	1,81	0,04
Uniformidad Medida	2,0	0,90

**T. PROM:** Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
**T. prom:** Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.  
**T. MAX:** Temperatura máxima  
**T. MIN:** Temperatura mínima  
**DTT:** Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.  
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.



TEMPERATURA DE TRABAJO 60 °C



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMF-0394-2023**  
**MARCO DE CARGA PARA PRUEBA MARSHALL**

1. **Solicitante** : Universidad Privada del Norte S.A.C.  
**Dirección** : Av. Alfredo Mendiola 6062, Los Olivos, Lima
2. **EQUIPO**  
**Marca** : FORNEY **Alcance** : 0 a 10000lb; 0 a 0.2in  
**Modelo** : LA-2022-99 **División mínima** : 0.0001in  
**N° de serie** : No indica **Procedencia** : No indica  
**Identificación** : 3-004921 **Indicación** : Analógico  
**Ubicación** : Laboratorio de Suelos **Orden de compra** : PER03-0000083417
3. **Lugar de la Calibración** : Laboratorio de Suelos en las instalaciones de UPN sede Los Olivos.
4. **Fecha de calibración** : 11-07-2023
5. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa según "Procedimiento de calibración de comparadores de cuadrante", PC-014 del SNM-INDECOPI; 2da edición.

6. **Trazabilidad**

Patrón	Marca	Certificado	Trazabilidad
Bloques patrón de longitud	No indica	LLA-240-2023	INACAL
Termohigrómetro digital	No indica	051-2023-CT	INACAL

7. **Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura Ambiental (°C)	17.2	16.8
Temperatura Relativa (% HR)	39	38

8. **Resultados**

Dial indicador 1					
Marca	Datos	Valor del patrón		Indicación del equipo	Error de indicación
	SPI	(mm)	(in)	(in)	(in)
Modelo	No indica	1.00001	0.03937	0.0396	0.00023
Serie	Q2811	2.00002	0.07874	0.0791	0.00036
Código	3-004845	3.00004	0.11811	0.1186	0.00049
Alcance	0.2in	4.00006	0.15748	0.1581	0.00062
Div. Min.	0.0001in	5.00011	0.19685	0.1975	0.00065
<b>Máximo error absoluto de indicación</b>		: 0.00065in			
<b>Incertidumbre del error de indicación</b>		: 0.0002in			



**William Robinson Tejada Benites**  
Jefe de Laboratorio



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMF-0394-2023**  
**MARCO DE CARGA PARA PRUEBA MARSHALL**

Dial indicador 2					
Marca	Datos	Valor del patrón		Indicación del equipo (in)	Error de indicación (in)
		(mm)	(in)		
Modelo	26104C-GIL	1.00001	0.03937	0.040	0.00063
Serie	113111540	5.00011	0.19685	0.197	0.00015
Código	3-004869	10.00006	0.39370	0.394	0.00030
Alcance	1in	15.00017	0.59056	0.590	-0.00056
Div. Min.	0.001in	19.99991	0.78740	0.787	-0.00040
Máximo error absoluto de indicación : 0.00063in					
Incertidumbre del error de indicación : 0.0002in					

Dial indicador 3					
Marca	Datos	Valor del patrón		Indicación del equipo (in)	Error de indicación (in)
		(mm)	(in)		
Modelo	26104C-GIL	1.00001	0.03937	0.040	0.00063
Serie	110278138	5.00011	0.19685	0.198	0.00115
Código	No indica	10.00006	0.39370	0.395	0.00130
Alcance	1in	15.00017	0.59056	0.593	0.00244
Div. Min.	0.001in	19.99991	0.78740	0.790	0.00260
Máximo error absoluto de indicación : 0.00260in					
Incertidumbre del error de indicación : 0.0002in					

Dial indicador 4					
Marca	Datos	Valor del patrón		Indicación del equipo (in)	Error de indicación (in)
		(mm)	(in)		
Modelo	No indica	1.00001	0.03937	0.0395	0.00013
Serie	5510	2.00002	0.07874	0.0789	0.00016
Código	3-024037	3.00004	0.11811	0.1184	0.00029
Alcance	0.2in	4.00006	0.15748	0.1579	0.00042
Div. Min.	0.0001in	5.00011	0.19685	0.1973	0.00045
Máximo error absoluto de indicación : 0.00045in					
Incertidumbre del error de indicación : 0.0002in					

**9. Observaciones**

- El equipo se encuentra en óptimas condiciones.
- No se realizó ningún ajuste al instrumento de medición antes de su calibración.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



**William Robinson Tejada Benites**  
Jefe de Laboratorio





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LT-025-2023**

Página 1 de 4

FECHA DE EMISIÓN : 2023-06-13  
EXPEDIENTE : 009-2023

**1. SOLICITANTE** UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.

**DIRECCIÓN** Av. Alfredo Mendiola N° 6062, Los Olivos - Lima - LIMA

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : HORNO

MARCA : DIGISYSTEM LABORATORY INS.

MODELO : D50-800D

NÚMERO DE SERIE : 1012035

PROCEDENCIA : TAIWAN

IDENTIFICACIÓN : 3-004920 (\*)

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-06-12

DESCRIPCIÓN	CONTROLADOR / SELECTOR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
ALCANCE	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
DIV. DE ESCALA / RESOLUCIÓN	0,1 °C	0,1 °C
TIPO	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

**3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS  
Av. Alfredo Mendiola N° 6062, Los Olivos - Lima - LIMA

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



## Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

### LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-025-2023

Página 2 de 4

#### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	24,2 °C	24,2 °C
Humedad Relativa	63 %HR	63 %HR

#### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	CT-1064-2023

#### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Código indicado en una etiqueta adherida sobre el equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos.
- El controlador se seteo en 110 ° C

#### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	T <sub>máx</sub> -T <sub>mín</sub>
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	109,8	110,0	110,2	113,4	112,7	111,3	108,7	113,5	113,5	108,6	107,6	111,0	5,9
02	109,9	110,3	110,5	113,7	113,0	111,6	108,9	113,1	113,8	108,8	107,7	111,1	6,1
04	110,1	110,3	110,5	113,7	113,1	111,6	108,9	114,0	114,6	108,9	107,6	111,3	7,0
06	109,9	110,4	110,4	113,7	113,4	111,6	109,0	114,4	113,5	109,0	107,8	111,3	6,5
08	109,9	110,4	110,5	113,9	113,3	111,8	109,1	113,8	114,1	109,0	107,7	111,4	6,4
10	110,1	110,4	110,5	113,8	113,4	111,8	109,1	113,5	113,8	109,1	107,7	111,3	6,1
12	110,1	110,2	110,4	113,4	113,1	111,7	109,0	114,0	114,9	108,8	107,6	111,3	7,3
14	109,9	110,1	110,2	113,3	113,0	111,5	108,9	114,1	113,6	108,8	107,6	111,1	6,4
16	110,0	110,1	110,3	113,2	112,7	111,5	109,0	114,5	114,6	108,7	107,6	111,2	7,0
18	110,1	110,0	110,3	113,2	112,7	111,5	108,9	114,2	114,5	108,6	107,6	111,2	6,9
20	109,9	110,0	110,2	113,2	112,8	111,4	108,8	114,2	113,8	108,6	107,5	111,1	6,6
22	109,9	110,2	110,3	113,3	113,1	111,5	108,9	113,6	113,8	108,8	107,7	111,1	6,1
24	109,9	110,3	110,4	113,6	113,0	111,6	109,0	113,6	114,1	108,8	107,8	111,2	6,3
26	109,9	110,3	110,3	113,5	113,1	111,6	108,9	113,7	113,6	108,9	107,6	111,2	6,0
28	110,9	110,3	110,3	113,6	113,0	111,6	109,0	113,8	113,8	108,8	107,7	111,2	6,1
30	110,1	110,0	110,1	113,2	112,7	111,4	108,8	114,3	114,5	108,6	107,5	111,1	7,0
32	110,0	110,0	110,0	113,0	112,8	111,2	108,7	113,9	113,5	108,5	107,3	110,9	6,5
34	109,7	109,9	110,1	113,0	112,5	111,3	108,7	114,2	113,6	108,5	107,4	110,9	6,7
36	110,0	110,1	110,3	113,4	112,8	111,4	108,8	113,8	114,2	108,6	107,5	111,1	6,7
38	110,0	110,2	110,3	113,6	112,9	111,4	108,9	113,6	114,5	108,7	107,5	111,2	7,0
40	109,9	109,9	110,3	113,4	112,6	111,4	108,8	113,1	114,1	108,5	107,4	111,0	6,7
42	109,8	110,1	110,3	113,3	113,0	111,4	108,8	113,8	113,8	108,7	107,5	111,1	6,3
44	110,1	110,2	110,4	113,6	113,2	111,7	109,0	114,8	113,6	108,8	107,8	111,3	6,9
46	110,1	110,4	110,6	113,8	113,3	111,8	109,1	114,5	114,5	109,0	107,8	111,5	6,7
48	110,1	110,3	110,4	113,4	113,1	111,6	109,1	114,4	114,3	108,8	107,6	111,3	6,7
50	109,9	110,2	110,4	113,3	112,9	111,5	108,9	114,0	113,9	108,7	107,5	111,1	6,4
52	109,9	110,1	110,2	113,1	113,1	111,4	109,0	113,9	113,8	108,9	107,6	111,1	6,2
54	110,0	110,3	110,3	113,6	113,3	111,6	109,1	113,8	114,2	108,9	107,7	111,3	6,5
56	110,0	110,2	110,3	113,7	113,0	111,5	108,9	113,6	113,9	108,8	107,7	111,2	6,2
58	109,9	110,3	110,4	113,5	112,9	111,5	109,0	114,1	114,9	108,8	107,7	111,3	7,2
60	110,0	110,2	110,3	113,3	113,1	111,5	108,9	113,5	113,9	108,7	107,6	111,1	6,3
<b>T.PROM</b>	110,0	110,2	110,3	113,4	113,0	111,5	108,9	113,9	114,1	108,8	107,7	111,2	
<b>T.MAX</b>	110,9	110,4	110,6	113,9	113,4	111,8	109,1	114,8	114,9	109,1	107,8		
<b>T.MIN</b>	109,7	109,9	110,0	113,0	112,5	111,2	108,7	113,1	113,5	108,5	107,3		
<b>DTT</b>	1,2	0,5	0,6	0,9	0,9	0,6	0,4	1,7	1,4	0,6	0,5		



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-025-2023**

Página 3 de 4

PARÁMETRO	VALOR ( °C )	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA ( °C )
Máxima Temperatura Medida	114,9	0,7
Mínima Temperatura Medida	107,3	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,7	0,6
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,4	0,7
Estabilidad Medida ( ± )	0,85	0,39
Uniformidad Medida	7,3	0,7

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
- T.MAX : Temperatura máxima.
- T.MIN : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

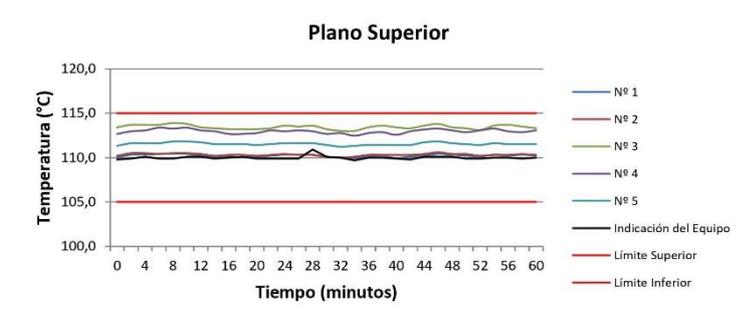
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.  
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO**  
**TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C  $\pm$  5 °C**

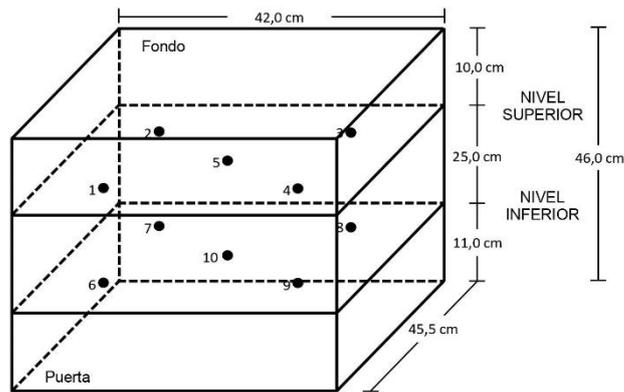
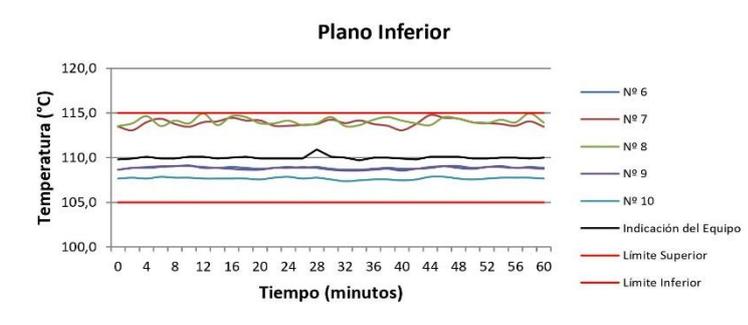




**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-025-2023**

Página 4 de 4



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 6 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

## INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO IMP - 083 - 2023

Página 1 de 1

Fecha de Emisión: 2023-03-06

- 1. SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.  
**DIRECCIÓN** : Av. Tingo María N° 1122, Lima Cercado - Lima - LIMA
- 2. EQUIPO / INSTRUMENTO** : MARTILLO DE COMPACTACIÓN 10LBS MARSHALL
- Marca** : FORNEY  
**Modelo** : NO INDICA  
**N° de Serie** : NO INDICA  
**Identificación** : 3-028127  
**Masa** : 10 Lb  
**Ubicación** : LABORATORIO DE SUELOS  
**Fecha del servicio** : 2023-03-03

### 3. DETALLES DE LA REVISIÓN TÉCNICA REALIZADA:

- Se realizó el desmontaje del instrumento.
- Limpieza general de la estructura.
- Cincado de las piezas que conforman el martillo.
- Montaje del martillo.
- Ajuste y verificación del peso y de las dimensiones lineales.
- Los instrumentos quedaron listo para su uso.

### 4. RECOMENDACIÓN(ES) Y OBSERVACIONES:

- Se recomienda limpiar el equipo después de cada ensayo.
- Se recomienda realizar mantenimientos preventivos periodicos.

### 5. TÉCNICO RESPONSABLE:

Lic. Juan C. Quispe Morales



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**IMP - 084 - 2023**

Página 1 de 1

Fecha de Emisión: 2023-03-06

- 1. SOLICITANTE** : **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.**  
**DIRECCIÓN** : Av. Tingo María N° 1122, Lima Cercado - Lima - LIMA
- 2. EQUIPO / INSTRUMENTO** : **EXTRACTOR DE MUESTRA UNIVERSAL**
- Marca** : FORNEY  
**Modelo** : NO INDICA  
**N° de Serie** : K11J300143  
**Identificación** : 3-004887  
**Ubicación** : LABORATORIO DE SUELOS  
**Fecha del servicio** : 2023-03-03

**3. DETALLES DE LA REVISIÓN TECNICA REALIZADA:**

- Se realizó el desmontaje del equipo.
  - Limpieza y lubricación del sistema hidráulico de la gata.
  - Se cambio el aceite del sistema.
  - Recubrimiento con pintura de la estructura.
  - Cincado de los espárragos.
  - Pintado de la palanca para la gata hidráulica.
  - Pulido del pistón y plato.
  - Montaje del equipo.
- El equipo queda operativo.

**4. RECOMENDACIÓN(ES) Y OBSERVACIONES:**

- Se recomienda limpiar el equipo después de cada ensayo.
- Se recomienda realizar mantenimientos preventivos periodicos.

**5. TÉCNICO RESPONSABLE:**

Lic. Juan C. Quispe Morales



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**INFORME DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**MP - 102 - 2023**

Página 1 de 1

Fecha de Emisión: 2023-07-08

- 1. SOLICITANTE :** UNIVERSIDAD PERUANA DEL NORTE S.A.C.  
**DIRECCIÓN :** Av. Alfredo Mendiola N° 6062, Los Olivos - Lima - LIMA
- 2. EQUIPO / INSTRUMENTO :** COCINILLA ELECTRICA
- Marca :** FORNEY  
**Modelo :** LA-0873-01  
**N° de Serie :** NO INDICA  
**Identificación :** 3-025151  
**Alcance :** 330 °C  
**División de Escala :** 50 °C  
**Ubicación :** LABORATORIO DE SUELOS  
**Fecha del servicio :** 2023-07-07

**3. DETALLES DE LA REVISIÓN TECNICA REALIZADA:**

- Limpieza y ajuste de contactos eléctricos.
- Limpieza interna de componentes electrónicos.
- Verificación de conductores eléctricos.
- Revisión y verificación del termostato de la cocinilla.
- Revisión y verificación de la resistencia de la cocinilla.
- Limpieza de estructura interna y externa del equipo.
- Verificación del buen funcionamiento y ajuste del equipo.
- Equipo queda operativo.

**4. RECOMENDACIÓN(ES) Y OBSERVACIONES:**

- Se recomienda limpiar el equipo después de cada ensayo.
- Se recomienda realizar mantenimiento preventivo periódicamente.

**5. TÉCNICO RESPONSABLE:**

Lic. Juan C. Quispe Morales



Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



## Hoja de seguridad de asfalto 60/70

PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.



### Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 1 de 4  
Edición: Jul.2007

#### 1. PRODUCTO

NOMBRE COMERCIAL : PETROPERÚ ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN  
NOMBRE ALTERNATIVO : C.A. 60/70 PEN

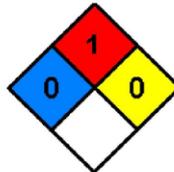
#### 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

FÓRMULA	:	Mezcla de hidrocarburos.
APARIENCIA, COLOR, OLOR	:	Sólido a temperatura ambiente, líquido durante su manipulación a más de 100° C, homogéneo y libre de agua. Color de marrón oscuro a negro y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA 15.6/15.6°C	:	1.01 - 1.03
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	:	232 mín.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	:	485 aprox.
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % Vol. en aire	:	De 1 a 6 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	:	Insignificante
FAMILIA QUÍMICA	:	Hidrocarburos (Derivado de petróleo).
COMPOSICIÓN	:	Mezcla de hidrocarburos no volátiles de elevado peso molecular.

#### 3. RIESGOS

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es la siguiente:

- Salud : 0
- Inflamabilidad : 1
- Reactividad : 0



##### 3.1 SALUD

###### SÍNTOMAS:

- OJOS: El contacto con el producto en estado líquido provoca quemaduras graves y los vapores causan irritación.
- PIEL: El producto en estado líquido ocasiona quemaduras. A temperatura ambiente no hay efectos serios a corto plazo.
- INHALACIÓN: La inhalación de los vapores del producto caliente provoca dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, tos, mareos y vértigo.
- INGESTIÓN: La ingestión del producto a la temperatura de manipulación es improbable; sin embargo si se realiza a temperatura ambiente provoca irritación al estómago y vómitos.

## Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 2 de 4  
Edición: Jul.2007

### PRIMEROS AUXILIOS:

- OJOS: Lavar con abundante agua por 15 minutos. Obtener atención médica de inmediato para la remoción del producto y el tratamiento de las quemaduras si el contacto ocurrió a alta temperatura.
- PIEL: En caso de contacto con el producto caliente; lavar con abundante agua, no remover el producto si está adherido a la piel, esto debe ser realizado por personal médico. El lavado con jabón y abundante agua es suficiente si el producto está frío, en todo caso, obtener atención médica si el contacto causa una irritación.
- INHALACIÓN: Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario y obtener atención médica de inmediato.
- INGESTIÓN: Para el producto frío, no inducir al vómito y obtener atención médica de inmediato.

### PROTECCIÓN PERSONAL:

- CONTROL DE INGENIERÍA: Instalar sistemas de control de temperatura en los tanques de almacenamiento, para evitar el sobrecalentamiento del producto. Contar con duchas y lavajos e identificar las salidas de emergencia en el lugar de trabajo.
- PROTECCIÓN RESPIRATORIA: No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas. Si se realiza alguna actividad donde exista la exposición a altas concentraciones de vapores del producto en el aire, se requiere de un equipo de respiración autocontenido.
- OJOS: Gafas de seguridad contra salpicaduras químicas.
- PIEL: Guantes de neopreno, nitrilo o PVC, zapatos de seguridad, protectores faciales y ropa completa de protección.

### 3.2 INFLAMABILIDAD

CASO DE INCENDIO: Evacuar a más de 500 metros si hay un tanque o camión tanque involucrado. Detener el sistema de calentamiento del producto y controlar la fuga en caso que exista. Utilizar medios adecuados para extinguir el fuego y agua en forma de rocío para enfriar los tanques o los cilindros.

AGENTES DE EXTINCIÓN: Polvo químico seco, CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y espuma.

PRECAUCIONES ESPECIALES: Durante el incendio, evitar que el agua entre en contacto directamente con el producto, debido a los riesgos de salpicaduras y erupciones violentas.

La extinción de fuego de grandes proporciones sólo debe ser realizada por personal especializado.

### 3.3 REACTIVIDAD

ESTABILIDAD: Estable a temperatura ambiente.

COMPATIBILIDAD DEL MATERIAL: Es incompatible con agentes oxidantes fuertes como cloro, hipoclorito de sodio, peróxidos, etc. Durante su manipulación a altas temperaturas es incompatible con el agua.

---

## 4. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME

---

- DERRAMES PEQUEÑOS Y MEDIANOS: Detener la fuga y ventilar la zona afectada. Contener el líquido caliente con arena, tierra u otro material apropiado. Dejar enfriar el producto para que se solidifique y trasladarlo hacia un depósito identificado. Si es

### Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 3 de 4  
Edición: Jul.2007

posible, recuperar el producto o realizar la disposición final de acuerdo a un Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos.

- DERRAMES DE GRAN PROPORCIÓN: Evacuar al personal no necesario. Apagar el sistema de calentamiento del tanque o camión tanque. Detener la fuga o interrumpir el suministro del producto y ventilar el área. Contener el derrame y dejar enfriar, recoger el producto y si es posible, proceder a su recuperación. Colocar el material contaminado en recipientes identificados para su disposición final.

NOTA: Todo el personal que esté involucrado en la contención del derrame debe utilizar un equipo de protección personal, además debe seguir las instrucciones de un plan de contingencia implementado.

---

#### 5. MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

---

Usar un equipo completo de protección durante la manipulación del producto en estado líquido; posteriormente proceder a la higiene personal.

Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto, conectar a tierra los tanques o camiones tanque.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras.

Almacenar en tanques especialmente diseñados para tal fin; debido a las facilidades para su manipulación, los tanques poseen un sistema de calentamiento, por lo tanto, es necesario realizar un monitoreo permanente de la temperatura para evitar el sobrecalentamiento del producto. Se recomienda mantener la temperatura a 30 °C por debajo del punto de inflamación del producto.

El producto no debe ser almacenado en instalaciones ocupadas permanentemente por personas.

La manipulación y almacenamiento del producto en estado líquido se debe realizar de tal manera que no sea posible el contacto con el agua.

NOTA: El envasado del producto en cilindros y la transferencia a camiones tanque debe ser realizado siguiendo estrictamente un procedimiento implementado.

---

#### 6. TRANSPORTE

---

El producto es transportado a granel en camiones tanque, que poseen sistemas de calentamiento para mantener el producto en estado líquido; el personal que realiza el traslado del producto debe estar previamente capacitado para acciones de emergencia durante el trayecto. Si el producto está envasado en cilindros y es transportado a temperatura ambiente no presenta riesgos de peligrosidad. El transporte se realiza de acuerdo a las normas de seguridad vigentes.

- Código Naciones Unidas : UN 1999

- Señalización pictórica,  
NTP 399.015.2001 :



## Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 4 de 4  
Edición: Jul.2007

### 7. LEGISLACIÓN

El transporte y comercialización del Cemento Asfáltico 60/70 PEN está reglamentado por normas dictadas por el Ministerio de Energía y Minas.

- Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 026-94-EM (10/05/94), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 052-1993-EM (18/11/1993), y modificaciones.
- Reglamento de medio ambiente para las actividades de hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 015-2006-EM (02/03/2006), y modificaciones.
- Reglamentos para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos, aprobados por Decretos Supremos N° 030-1998-EM (03/08/1998) y N° 045-2001-EM (26/07/2001), y modificaciones.

### 8. INFORMACIÓN ADICIONAL

EMERGENCIAS a nivel nacional: 116

### 9. EMPRESA

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.

Dirección : Av. Paseo de la República 3361 – San Isidro  
Teléfonos : (01) 211-7800, (01) 614-5000  
Página web : [www.petroperu.com.pe](http://www.petroperu.com.pe)  
Atención al cliente : (01) 211-7878 / [servcliente@petroperu.com.pe](mailto:servcliente@petroperu.com.pe)

Nota: El presente documento constituye información básica para que el usuario tome los cuidados necesarios a fin de prevenir accidentes. PETROPERÚ no se responsabiliza por actividades fuera de su control.

\*\*\*\*\*

## Anexo 7: Panel Fotográfico

### Zona de estudio



### Obtención de la fibra PET



### Ensayo granulométrico



### Diseño de la mezcla



### Compactación de las muestras



### Desmoldado de muestras



### Peso seco y saturado



### Ensayo Marshall

