



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas  
del micropavimento con adición de fibra de vidrio**

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

**Autor**

Bach. Loayza Tarrillo, Neyser Joel  
<https://orcid.org/0000-0001-7164-3343>

**Asesor**

**Dr. Tepe Atoche, Victor Manuel**  
<https://orcid.org/0000-0001-9630-7936>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2023**


**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL  
MICROPAVIMENTO CON ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Loayza Tarrillo Neyser Joel	DNI: 60304175	
-----------------------------	---------------	---

Pimentel, 15 de octubre de 2023.

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio**

AUTOR

**Neyse Joel Loayza Tarrillo**

RECuento DE PALABRAS

**12611 Words**

RECuento DE CARACTERES

**63645 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**65 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 20, 2023 1:20 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 20, 2023 1:21 PM GMT-5**

### ● 14% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 13% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

Resumen

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL  
MICROPAVIMENTO CON ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO**

**Aprobación del jurado**

---

MAG. SANCHEZ DIAZ, ELVER

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MAG. REINOSO SAMAME, JORGE ANTONIO

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MAG. CARLOS OVIDIO CHAVEZ COTRINA

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

La presente tesis está dedicada a mi padre José Carlos Loayza Lastarria y a mi madre Yovana Ruth Tarrillo Valenzuela por todo lo que me enseñaron en todos sus años de vida para prepararme como persona, por brindarme grandes consejos y utilizarlos en el ámbito profesional el desarrollo de la presente investigación es gracias a ellos.

Neyser Joel Loayza Tarrillo

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi madre, mi padre y toda mi familia por ser el principal motivo por el cual seguí adelante en todos estos años dándome mucha fortaleza para conseguir mi objetivo de ser un Ingeniero Civil.

A la Universidad Señor de Sipán por brindarme las comodidades, enseñanzas y la infraestructura correcta para poder formarme como profesional competente.

A los ingenieros por brindarme sus conocimientos, su apoyo y consejos que me ayudaron a fortalecerme como un profesional en estos años de la carrera de Ingeniería Civil.

A mis amigos por darme su apoyo incondicional para poder continuar todos estos años a pesar de las dificultades y poder culminar con éxito esta investigación

## Índice

Dedicatoria.....	V
Agradecimientos .....	VI
Índice de tablas.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Resumen .....	X
Abstract.....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Realidad problemática. ....	13
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Hipótesis .....	19
1.4. Objetivos.....	19
1.5. Teorías relacionadas al tema .....	19
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	34
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	34
2.2. Variables, Operacionalización.....	34
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	41
2.6. Criterios éticos .....	51
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
3.1. Resultados.....	53
3.2. Discusión .....	63
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
4.1. Conclusiones .....	65
4.2. Recomendaciones .....	66
REFERENCIAS .....	67
ANEXOS.....	74

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Requerimientos para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros. ...	23
<b>Tabla 2</b>	Operacionalización de variables. ....	36
<b>Tabla 3</b>	Ensayos de micropavimento patrón. ....	39
<b>Tabla 4</b>	Granulometría del agregado pétreo. ....	53
<b>Tabla 5</b>	Tabla resumen de propiedades físicas y mecánicas de los agregados. ....	54
<b>Tabla 6</b>	Informe de calidad de emulsión CSS- 1H. ....	56
<b>Tabla 7</b>	Residuo asfáltico. ....	57
<b>Tabla 8</b>	Contenido de sales solubles en los suelos. ....	58
<b>Tabla 9</b>	Exudación de asfalto mediante la rueda cargada. ....	59
<b>Tabla 10</b>	Desgaste por abrasión en ambiente húmedo. ....	60
<b>Tabla 11</b>	Porcentaje óptimo de emulsión. ....	61



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Patrón de textura de Fibra de vidrio. ....	20
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo. ....	42
<b>Figura 3.</b> Ubicación de cantera 3 tomas. ....	43
<b>Figura 4.</b> Asfalpaca.....	44
<b>Figura 5.</b> Obtención de arena zarandeada. ....	44
<b>Figura 6.</b> Equivalente de arena. ....	46
<b>Figura 7.</b> Máquina de los ángeles. ....	47
<b>Figura 8.</b> Azul de metileno (filtro Whatman). ....	48
<b>Figura 9.</b> Adherencia Riedel Weber.....	49
<b>Figura 10.</b> Curva granulométrica del agregado pétreo. ....	54
<b>Figura 11.</b> Cálculo para el máximo contenido de asfalto. ....	59
<b>Figura 12.</b> Cálculo del desgaste por abrasión en ambiente húmedo.....	60
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de contenido óptimo de emulsión asfáltica.....	61
<b>Figura 14.</b> Estabilidad – Flujo micropavimento.....	62
<b>Figura 15.</b> Diagrama de flujo .....	62

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Equivalente de arena (EQ) .....	55
--	----

# EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MICROPAVIMENTO CON ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO

## Resumen

La formación de grietas y surcos en la superficie de la carpeta asfáltica debido a la carga vehículos es un problema muy común. Con el fin de determinar los efectos en el flujo y estabilidad de la mezcla de micropavimento, se llevó a cabo un estudio que evaluó la efectividad de la fibra de vidrio en el micropavimento. Se utilizó la metodología Marshall y se probaron porcentajes de fibra de vidrio de 3, 5, 7 y 9%. Los resultados indicaron que los agregados pétreos utilizados cumplían con los requisitos necesarios en términos de calidad. Sin embargo, se observó que la mezcla modificada con 3% de fibra de vidrio se acercaba más a la mezcla patrón. Esta mezcla presentó una estabilidad de 948.33 kg y un flujo de 3.68 mm, en comparación de los valores de referencia como los 1142.33 kg y 3.30 mm del patrón. A partir de estos resultados, se concluyó que la adición de fibra de vidrio tuvo un efecto negativo en la mezcla de micropavimentos. A pesar de cumplir con los requisitos de calidad, la presencia de ésta alteró las propiedades de la pasta de micropavimento, lo que resultó una disminución de la estabilidad y el aumento del flujo de la mezcla. Estos hallazgos son importantes para comprender como distintas adiciones pueden afectar la calidad y rendimiento de la mezcla donde es necesario considerar cuidadosamente las adiciones a utilizar y sus propiedades al diseñar y realizar mezclas que puedan garantizar una superficie duradera y resistentes a deformaciones.

**Palabras clave:** Micropavimento, fibra de vidrio, estabilidad, flujo.

## **Abstract**

The formation of cracks and grooves on the surface of the asphalt pavement due to vehicle load is a very common problem. In order to determine the effects on the flow and stability of the micro-pavement mixture, a study was conducted to evaluate the effectiveness of fiberglass in micro-pavement. The Marshall methodology was used, and fiberglass percentages of 3%, 5%, 7%, and 9% were tested. The results indicated that the stone aggregates used met the necessary quality requirements. However, it was observed that the modified mixture with 3% fiberglass was closer to the standard mixture. This mixture exhibited a stability of 948.33 kg and a flow of 3.68 mm, compared to reference values of 1142.33 kg and 3.30 mm for the standard mixture. Based on these results, it was concluded that the addition of fiberglass had a negative effect on the micro-pavement mixture. Despite meeting quality requirements, the presence of fiberglass altered the properties of the micro-pavement mixture, resulting in a decrease in stability and an increase in flow. These findings are important for understanding how different additives can affect the quality and performance of the mixture, where careful consideration of the additives used and their properties is necessary when designing and creating mixtures that can ensure a durable surface resistant to deformations.

**Keywords:** Micropavement, fiberglass, stability, flow.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

La mala selección de componentes, materiales reactivos, emulsiones desestabilizadas y proporciones inadecuadas son los principales problemas en el uso de micro aglomerados en México. Cruz Chimal [1]. En Louisiana, el micropavimento es un tratamiento de mantenimiento ampliamente utilizado, con un gasto anual de US \$ 4,7 millones. Los estudios realizados en climas cálidos y húmedos indican que el micropavimento ofrece beneficios económicos, como una mayor vida útil y un menor costo de mantenimiento. Vivek Kumar [2]. A su vez en China, el micropavimento se utiliza para el mantenimiento preventivo del pavimento. Este tratamiento es beneficioso para el medio ambiente, ya que genera menos contaminación. Xiao et al [3]

Además, En Irán, las pruebas de diseño de mezclas de microsuperficies basadas en RAP se han utilizado para evaluar dos contenidos de RAP, 69 % y 3 % donde los resultados mostraron que ambos diseños cumplieron con los criterios de la normativa ISSA. Poursoltani y Hesami [4] Es por ello que, en la ciudad de Asfahan, Irán, los pavimentos se deterioran con el paso del tiempo. Para mitigar este problema, se propuso un mantenimiento global preventivo y rutinario. Este mantenimiento es esencial para mantener el rendimiento de los pavimentos y evitar su deterioro. Esfahani y Alireza [5]. Asimismo, la eficacia del micropavimento en el centro-sur de los Estados Unidos ha sido cuestionada en los últimos años debido a problemas de humedad y rentabilidad. Hand et al [6]. Por otro lado, En Irán, los baches en las carreteras pueden acumular agua en condiciones de lluvia, lo que reduce la fricción y aumenta el riesgo de accidentes. Hafezzadeh y Kuvussi [7]

En los últimos años, las investigaciones sobre micropavimentos se ha centrado en la estructura y diseño de la mezcla, pero se conoce poco sobre los factores que afectan su rendimiento. Táborá [8]. En Perú, las fallas de enrutamiento en Trujillo y la falta de mantenimiento de las carreteras son problemas que requieren análisis y soluciones. Aranda y Zamora [9]. Asimismo, en La Libertad, las carreteras en mal estado aislaron a 17 núcleos

de población, lo que impidió el progreso económico, social y cultural. Pino y Quispe [10]. En los últimos 17 años, Perú ha invertido US\$ 3.000 millones en 15.000 kilómetros de carreteras, pero estas carreteras se deterioran prematuramente debido a factores climáticos. Ochoa [11]

La Avenida San Remo, diseñada para transporte urbano ligero, ha sido sobrecargada por vehículos pesados, lo que ha provocado fallas estructurales y superficiales en la carpeta. Rodríguez [12]. Consecuencia de la falta de pavimentación e inversión en vías urbanas de bajo tránsito en Lima es un problema grave que genera inconvenientes y deterioros. Contreras [13], esto debido a la variación en los componentes granulométricos de la mezcla asfáltica afecta su comportamiento en los ensayos de calidad. Scaramutti y Vásquez [14], a causa de la escasez de recursos, cierres de carreteras y monopolios en el rubro de pavimentación son factores que contribuyen al problema. Palomino y Rodríguez [15]

En base a literaturas internacionales, se muestra que, Shackil et al [16] En su investigación "Evaluación del rendimiento de agrietamiento de mezclas de micro superficies reforzadas con fibra y mejoradas con polímeros utilizando pruebas de laboratorio de asfalto convencionales" realizaron estudios para poder evaluar la potencia para mejorar la resistencia a la deformación y agrietamiento de todas las mezclas de micropavimento mediante la adición de fibras y polímeros. Por su parte la adición con fibra de vidrio de ¼" además de polímeros pudieron demostrar mejoras en el rendimiento del Texas Overlay Tester y la prueba de flexión semicircular.

Aguilar et al. [17] En su Investigación "Evaluación del desempeño de un micro aglomerado en frío con fibra de vidrio en el simulador de vehículos pesados" Indica que a causa del aumento considerable de las cargas pesadas además del tráfico durante estos últimos años en las carreteras mexicanas por lo cual las investigaciones se enfocan en un micro pavimento reforzado con fibra de vidrio para poder así proteger la base ya estabilizada con cemento.

Gao et al. [18] En su investigación "Investigación sobre el mecanismo reforzado de hormigón asfáltico reforzado con fibra basado en modelado micro mecánico" Mencionan que, Debido a las muchas preocupaciones ambientales y los esfuerzos de conservación natural

de la mina, existen varios factores clave para el uso de la prueba de diseño de mezcla de micropavimento basada en RAP (pavimento de asfalto reciclado).

Souliman, Tripathi y Maher. [19] en su investigación “Análisis mecánicos y beneficios económicos de las mezclas asfálticas reforzadas con fibras” indica que, El agrietamiento por fatiga es un problema importante con el caucho blando, y la solución más simple es usar varias fibras, incluidas las fibras de vidrio, para prolongar la vida útil y mejorar la elasticidad. También encontraron que las fibras mejoraron la longevidad sobre el asfalto.

Zhang, Mohammad y Das. [20] en su documento técnico “Mitigación de la fisuración por reflexión mediante el uso de una capa intermedia de hormigón dúctil” indica que, El agrietamiento por reflexión es un problema muy importante que conduce al deterioro prematuro de la base. Sin embargo, se ha propuesto utilizar capas intermedias que contengan compuestos cementosos para reducir significativamente el agrietamiento del pavimento. La ductilidad se logró mediante la adición de diferentes tipos de fibras, incluidas las fibras de vidrio, que han demostrado reducir el agrietamiento por flexión.

Tábora Cruz. [8] investigó las propiedades del envejecimiento del asfalto ya sea a corto plazo y también a largo plazo que son reforzadas con fibra de vidrio, lo cual hicieron diferentes estudios como el factor de resistencia a la tracción indirecta (ITS) por sus siglas en inglés y la energía de fractura demostraron que ayuda a producir pavimentos más bituminosos y por ende más duraderos.

Alfalah et al. [21] en su investigación “Evaluación del impacto del tipo de fibra y la tasa de dosificación en la volumetría y el rendimiento en laboratorio de las mezclas asfálticas” evaluaron el impacto de diferentes fibras en las mezclas asfálticas entre ellas se encontraban fibra de vidrio, basalto, carbono y poliolefina y se demostró con las dosificaciones correctas de cada fibra con un 0.16% se mejoraron considerablemente la durabilidad de las mezclas excepto la fibra de carbono que con una dosificación de un 0.3% mejoró su rendimiento al agrietamiento sin la necesidad de aglutinantes.

Hafezzadeh y Kuvussi. [7] en su artículo “Aplicación de micro superficie en la reparación de surcos en la superficie del pavimento” demostraron que, un tamaño grueso de

micro superficies (micro-pavimento) con una mezcla diseñada y probada usando una rueda de carga, cohesiómetro y diferentes pruebas de abrasión en una pista húmeda las variantes de betún que se le aplicaron variaron desde 6.3% a 10% del betún retenido donde también se aplicaron varias cantidades de látex que también variaron de 3 al 5% esto basándose en las pruebas anteriores además, la calidad óptima consideró con la adición de látex SBR al 5% a toda la mezcla que contaba con 8.2% del betún residual. Con esta mezcla se mostró un 50% en la abrasión en la resistencia a la abrasión, así como también la resistencia a la formación de surcos por carga de la rueda.

Contreras y Furlong. [22] en su documento de investigación “Calidad del micro-pavimento, utilizando agregados de las canteras del Milagro de la Provincia de Trujillo, 2020” indica que, se realizó una investigación sobre la calidad del micro-pavimento, pero esta vez utilizando agregados de las canteras como el Milagro. Mediante el estudio de suelos se realizaron el análisis granulométrico que ha sido tamizado por todos los agregados recogidos de las 6 canteras, donde se demostró que la cantera Bauner tiene los estándares de calidad de acuerdo a la normativa correspondiente para realizar los ensayos de un micro-pavimento de tipo M-II.

Aranda y Zamora [9] En su tesis “Calidad del Micropavimento, usando los agregados de las canteras de la Provincia de Trujillo, 2018” indica que, Se realizó análisis granulométrico de áridos provenientes de diversas canteras de la ciudad de Trujillo, así como análisis de absorción de metileno para poder desarrollar diseños de micropavimentos y realizar los ensayos de resistencia de los mismos. El proyecto privilegia los parámetros y especificaciones utilizadas para refinar el micropavimento, desde la selección de materiales hasta el micropavimento cumpliendo con los estándares de calidad exigidos por el manual DG Roads – 2013. La aplicación es fácil de manejar y está lista para usar en poco tiempo después de la implementación.

Chilipio Mormontoy. [23] en su tesis de titulación “Evaluación de desempeño del diseño de un micro-pavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020” indica que lograron que todos los resultados esperados ya que los



materiales como el agua y el agregado cumplieron con los estándares de calidad propuestos. Las actualizaciones significativas aumentan su capacidad para resolver grietas.

Rodríguez Roncal. [12] en su tesis “Aplicación de micro-pavimento para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019” Demostrando que el objetivo general y el propósito de aplicar micropavimentos es proteger el asfalto dañado y extender su vida útil, el método PCI, entre otras cosas, tuvo que proporcionar micropavimentos precisos y adecuados para todos los usos. Se utilizó para permitir el diseño de micropavimentos. El segundo método es la estandarización de siglas en inglés internacional.

Slurry Surfacing Association (ISSA) y el diseño geométrico 2013, el micro-pavimento consiste básicamente en aprovechar las mezclas asfálticas con agua y polímeros que permitió trabajar en temperatura ambiente.

Ramos Huamán. [24] en su tesis titulada “Gestión de la conservación y beneficios de la aplicación de micro-pavimento en una concesión vial en el Perú” indique que, Los análisis realizados para la protección de la infraestructura vial demuestran un mantenimiento regular a altitudes de al menos 3900 metros sobre el nivel del mar, con actividades en el campo del sellado de grietas con aplicaciones de microsuperficie. Mantenimiento de rutina y análisis de rugosidad, deflexión, microtextura y número de grietas desarrolladas durante tres períodos antes de la construcción, al final del mantenimiento y un año después de este mantenimiento. Fue necesario aplicar sobre la superficie la mezcla asfáltica en caliente, el resultado no fue muy satisfactorio, ya que el mantenimiento normal no mejoró el índice de rugosidad debido al espesor de la aplicación, pero mejoró los defectos superficiales causados por hacer. Un fuerte proceso de deterioro de la raíz.

Delgado Yafac. [25] en su investigación “Selección y diseño de pavimento de bajo tráfico con tratamiento superficial del paso inferior san clemente - Pisco – Ica 2020” Aceras relativamente baratas cubren la mayor parte de la red vial de Perú. Esto se vió severamente afectado en el caso del centro de la ciudad de San Clemente, que se ubica aguas arriba de la Progresiva 85 290 en el inciso número 6, con la mayor parte del tráfico que las atraviesa

exactamente. Pertenece al tramo general del Puente Puxana en Cerro Azul, Departamento de Ica.

Ochoa Rojas. [26] en su tesis titulada “Aplicación del micro-pavimento para mejorar los costos de la pavimentación de la cancha deportiva en el Asentamiento humano Los Huertos de Manchay, distrito de Pachacamac, 2017” indica que, este estudio realizado en el Asentamiento Humano evaluó el uso de micropavimentos para mejorar los costos de pavimentación de canchas deportivas. Usando un enfoque cuantitativo encontró que el uso de micropavimentos reduce los costos en gran medida en un 29% en la pavimentación. Concluyó que el uso del micropavimento es una solución muy viable para reducir costos en pavimentación de canchas deportivas.

En los últimos años gracias al desarrollo de nuevas tecnologías en el sector de la construcción en busca de la reducción y mitigación de efectos medioambientales que trae consigo la utilización de materiales pétreos no renovables generando consecuencias graves al entorno es por ello que, se realizan innovaciones e ideas que puedan ser de ayuda a generar propuestas para mejorar el micropavimento adicionando materiales como la fibra de vidrio que ayudan a los agregados tengan una mejor relación entre sí, disminuyendo considerablemente las fisuras generadas por diversos factores en la carpeta de rodadura. Además, brindar una mayor resistencia a través de los años que van de acuerdo a la necesidad de la población. La investigación actual es de vital importancia científica debido a que es evaluada en su factibilidad, la adición de fibra de vidrio en 3, 5, 7 y 9%.

## **1.2. Formulación del problema**

### **Problema general**

¿Cómo la incorporación de fibra de vidrio mejorará la calidad del micro-pavimento en vías asfálticas en la ciudad de Chiclayo 2023?

### **Problemas específicos**

- ¿Cómo la adición de fibra de vidrio en porcentajes controlados mejorará el diseño del micro-pavimento para mejorar vías asfálticas de la ciudad de

Chiclayo?

- ¿Cuál será la efectividad del micro-pavimento con fibra de vidrio para una alternativa económica y resistente en las vías asfálticas en la ciudad de Chiclayo?
- ¿El diseñar un micro-pavimento con fibra de vidrio, podrá mejorar las vías asfálticas dañadas y con problemas de bacheos en la ciudad de Chiclayo?

### **1.3. Hipótesis**

¿La incorporación de fibra de vidrio en el diseño del micro-pavimento mejora la resistencia esperada para la estructura de las vías asfálticas?

### **1.4. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del Micropavimento con adición de fibra de vidrio.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
- Determinar las propiedades mecánicas del Micropavimento patrón.
- Determinar las propiedades mecánicas Marshall del Micropavimento con adición de fibra de vidrio en porcentajes de 3, 5, 7 y 9%.
- Encontrar el porcentaje óptimo de adición de fibra de vidrio al Micropavimento.

### **1.5. Teorías relacionadas al tema**

#### **Micropavimento**

El micro-pavimento ha sido utilizado hace muchos años atrás en diferentes países como España, Francia, Estados Unidos, etc. Ahora la tecnología ha evolucionado y avanzado respecto a los resultados obtenidos en años anteriores para cubrir problemas comunes en las vías asfálticas, recuperación de estas y el mantenimiento, anteriormente se denominaba lechada asfáltica también conocida actualmente como Slurry Seal. La diferencia notable con el micro-pavimento es que esta incorpora polímeros.



**Figura 1.** Patrón de textura de Fibra de vidrio.

*Nota.* Filamentos de fibra de vidrio suelto.

El micro-pavimento es una mezcla asfáltica en frío que está diseñada para corregir las irregularidades en la carpeta de rodadura, para [27] El micro-pavimento (micro superficie) es una mezcla asfáltica fría, que se compone de agregados compatibles, emulsión asfáltica que contiene polímeros, agua libre de impurezas y aditivos especiales diseñados por laboratorios profesionales. Se produce in situ en equipos especialmente diseñados y aplicados.

Es una mezcla de emulsión asfáltica triturada controlable modificada con polímeros, árido 100% triturado, minerales de grano fino, agua y aditivos. En la proporción y aplicación adecuadas, constituye una capa rodante uniforme e impermeable para asegurar la protección de cualquier tipo de camino. Tráfico de vehículos. Entre sus principales características, podemos mencionar que proporciona la resistencia necesaria al desgaste del tráfico de vehículos. [28]

### **Uso del Micropavimento**

El uso de micropavimentos consiste principalmente en utilizar todas las mezclas asfálticas y agregar materiales que apliquen impermeabilización de grietas por envejecimiento. También ayuda en la recuperación y corrección de deslizamientos en capas medias y altas. [12]

### **Ventajas de los Micropavimentos**

El uso de micropavimentos consiste principalmente en utilizar todas las mezclas

asfálticas y agregar materiales para impermeabilizar las grietas por envejecimiento. También es útil para la restauración y corrección de deslizamientos en capas medias y superiores.

Precisamente por estas razones, muchos expertos nacionales e internacionales coinciden en que este procedimiento es el más adecuado para garantizar un cuidado preciso, estético y preventivo.

### **Emulsión asfáltica**

Las emulsiones son capas delgadas de dispersiones espumosas de gotas de asfalto, cuya composición puede incluir agua, asfalto y emulsionantes. Estos fondos también pueden contener otro tipo de aditivos en su estructura.

Su objetivo principal es hacer que las dispersiones sean lo más estables posible para que tengan una vida útil considerable y no supongan una desventaja durante futuras revisiones técnicas. [13]

## **Características de la emulsión asfáltica**

Según [29], las emulsiones asfálticas consisten básicamente en una estructura de diferentes capas de suelo pre estabilizadas con emulsiones asfálticas catiónicas. Las emulsiones catiónicas se utilizan con mayor frecuencia para estabilizar carreteras. Este ingrediente consta de tres ingredientes básicos como son el agua asfáltica y un emulsionante, que son tensioactivos.

## **Propiedades de la emulsión asfáltica**

Las propiedades de la emulsión se pueden dividir en dos partes. Los esenciales son:

- Viscosidad
- Adhesividad
- Posesividad

Ahora encontramos ciertas propiedades que condicionan algunos factores del comportamiento de las emulsiones. [30]

- Sedimentos
- Mezcla de emulsiones
- Temperatura

**Tabla 1**

Requerimientos para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros.

Ensayo	Norma	Exigencia
Viscosidad Saybolt Furol (25°C) (sSf)	MTC E 403	20-100
Sedimentación (7 días)	MTC E 404	5% máx
Prueba de Tamiz	MTC E 405	0,1% máx.
Carga de partícula	MTE C 407	Positiva/Negativa
Determinación del residuo asfáltico	MTC E 411	62% mín.
Prueba sobre el Residuo de Evaporación		
Penetración, 25°C. 100 g. 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	50*-90* 100-150
Ductilidad 5°C	MTC E 306	≥ 10 cm
Índice de Fraass	MTC E 311	-17°C máx
Recuperación elástica, 25°C, 20 cm, 1h	ASTM D6084	30% mín.

*Nota.* Ensayos básicos para las emulsiones asfálticas. Fuente: Ficha técnica emulsión asfáltica.

### **Calidad de agua**

La calidad del agua debe ser la mejor, debe estar limpia y libre de materia álcalis y otras sustancias similares comprendido en el nivel del pH que va desde 5.5 a 8.0 y el contenido de sales no será superior a 3.000 ppm. [31]

### **Caracterización de los agregados**

Los agregados seleccionados deben pasar un proceso de selección para la realización de un diseño de Micropavimento dando que, si no se usa el material adecuado para esta, se generarían irregularidades que no están aceptadas por la normativa vigente es por eso que se presenta diferentes números de tamices para verificar los porcentajes y posteriormente realizar una curva granulométrica.

- **Agregado fino**

Consisten en materiales naturales tales como arenas naturales o manufacturadas con un tamaño máximo de 10 mm.

- **Agregado grueso**

Son aquellos que sus partículas son retenidas en la malla N° 16 y el tamaño puede llegar hasta 152 mm.

- **Polímeros**

Los polímeros son un tipo de moléculas de gran tamaño que tienen una constitución mediante eslabones llamados monómeros, a su vez unidos mediante enlaces covalente. Estos eslabones están formados específicamente por átomos de carbono donde se puede tener grupos radicales o laterales de conformación ya sea con uno o más de un átomo. [32]

### **Clasificación de los polímeros**

Según [32] la clasificación será de acuerdo a la estructura macromolecular que tenga y el tipo de uso.

- **Naturales**

Estos polímeros son producidos por los organismos vivos sin modificación alguna.

- **Sintéticos**

Estos polímeros son producidos por el humano donde se dividen de acuerdo al comportamiento que estas tengan al aplicarles calor donde tenemos los termorrígidos y termoplásticos.

- **Lineales**

Este tipo de polímeros tienen los mismos tipos de unión en la conformación general.

- **Ramificado**

Este polímero tiene diferentes cadenas que van unidad de la cadena principal lineal.



- **Entrelazado**

De lo anterior, este polímero se forma entre las cadenas vecinas.

- **Homopolímero**

Este polímero es aquel que todos los monómeros son iguales al constituir la cadena.

- **Copolímero**

### **Aplicaciones**

La aplicación de los micros-pavimentos tiene una amplia rama donde si bien es cierto no es un tema muy conocido en el Perú se detalla los siguientes aspectos a considerar:

- Conservación de los pavimentos
- Aplicación sobre revestimientos ya desgastados
- Grietas y fisuras de severidad leve
- Para el revestimiento de un pavimento pulido
- Revestimientos finales en el pavimento

### **Normas de diseño**

para el diseño en general del micro-pavimento se debe usar la normativa International Slurry Surfacing Association por sus siglas en ingles ISSA A-143 revisado en el 2010 además, deben cumplir las especificaciones bajo la normatividad American Asociation Standars Higway Transportation Official (AASHTO) M-208 establecido para Emulsiones Asfálticas.

Para los distintos ensayos a realizar también se están considerando el método del MTC E 403.

Además, para verificar la viscosidad, residuos, etc. Se harán a cargo de la especificación CQS-1hp que va de la mano con la norma American Society for Testing and Materials (ASTM). Otro aspecto importante a considerar es la recuperación elástica que se puede dar de dos formas distintas, puede ser medida a la torsión o de manera lineal, es decir, emulsiones que tengan una gran recuperación elástica serán emulsiones que tendrán un comportamiento mucho más elástico y por ende mejor sin dejar de lado el punto de

ablandamiento ya que los polímeros generan un incremento en este apartado.

Otro de los ensayos a considerar para la determinación del contenido de ligante óptimo se considera el W.T.A.T. o ensayo de abrasión en ambiente húmedo de la mano con la norma ISSA TB – 100, el ensayo de la rueda cargada de acuerdo con la norma ISSA TB – 109 y uno de los ensayos más importantes para los micro-pavimentos la prueba del Schulze Breuer and Ruck de acuerdo con la norma ISSA TB – 144.

- **Schulze Breuer and Ruck**

Este método se utiliza para la determinación de la similitud entre agregados de gradación específica que sirven de relleno y el residuo de betún emulsionado o asfalto [33]. Además, el método brinda un sistema general de medición respecto a la pérdida por la prueba de abrasión y para la integridad y la correcta adhesión de todas las partículas finas específicas ya sea como agregado o residuo de un asfalto emulsionado. [34]

## **Pavimento**

Respecto a la gestión de toda la infraestructura que ha sido indispensable para el desarrollo económico además de social de todos los países del mundo, muchos países han venido elaborando un sistema de gestión para la correcta asignación de los recursos para los mantenimientos de los caminos. [35]

de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, (2014) que nos indica que el pavimento es una estructura que está compuesta por diversas capas apoyadas sobre el terreno previamente preparado para soportar durante un gran lapso de tiempo denominado periodo de diseño para que esta pueda tener un rango óptimo de serviciabilidad, eso incluye estacionamientos, veredas, pistas, etc.

## **Pavimento flexible**

Los pavimentos flexibles tienen diferentes definiciones, pero de acuerdo con Rondón, (2016) indica que son estructuras que están conformadas por una capa asfáltica que va apoyada sobre capas de rigidez menor que están compuestas por materiales no tratados que a su vez colocan su soporte sobre el terreno natural.

Dado que se colocan sobre el terreno natural estas generan cargas vehiculares que se disipan en cada una de las capas de la estructuración del pavimento. Existen funciones principales que son las siguientes:

- **Funcional**

Estas reciben directamente las cargas que circulan en el pavimento, por ende, debe estar construida correctamente de tal manera que permita una conducción placentera y segura durante toda su vida útil del pavimento.

- **Estructural**

Por esta parte debe estar construida y diseñada para que resista a los fenómenos de fatiga, además, a la acumulación de todas las deformaciones permanentes que se puedan generar que son generadas por cargas cíclicas aplicadas por los vehículos, además, resistir los efectos de los climas adversos.

- **Impermeabilización**

Como su nombre indica, es una capa fina que no permite la penetración de forma directa del agua a las capas subyacentes dañando así la calidad del pavimento dado que, incrementan el grado de saturación de todos los materiales que conforman en su totalidad al pavimento.

Según las clasificaciones que otorga el [36] que indica que es una clasificación basada en el comportamiento de los pavimentos que tengan una superficie asfáltica, el pavimento está conformado por diversas capas de mezclas asfálticas que a su vez están apoyadas ya sea sobre una sub base o una base granulares.

### **Pavimentos semi flexibles**

De acuerdo con él [36] es una capa de rodadura que ha estado conformada por materiales como la madera, arcilla cocida, piedra. En la actualidad se siguen utilizando unidades de concreto que van colocadas sobre la capa de arena generando así un relleno de espacios esta cada capa con arena. Por ende, los pavimentos asfálticos pueden tener una sub base y una base donde el comportamiento de estas puede considerarse como

semiflexible.

### **Pavimento rígido**

[37] indica que estas estructuras son compuestas generalmente por una losa o capa de concreto hidráulico que va desde los 18 cm a 30 cm de espesor que está soportada sobre una capa no estabilizada.

Entonces podemos decir que un pavimento rígido consiste básicamente en una losa hecha de concreto ya sea armado o simple que va directamente apoyada ya sea en la base o la subbase.

Sin dejar de lado la resistencia que esta otorga, como indica [38] la resistencia mecánica del concreto para que esta pueda resistir a los esfuerzos que se producirán son básicamente la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión que comprenden primeramente la capacidad que tiene para diversas fuerzas que comprimen a todo el material conllevándolo a una deformación última.

Para [36] un pavimento rígido se clasifica por el comportamiento de los pavimentos hechas a base de concreto o de cemento hidráulico.

### **Periodo de diseño**

Según [39], suele indicar tiempo expresado en años. H. El período de construcción denominado Año Cero y finalmente la remodelación posterior del pavimento.

### **Fibras**

Las fibras son filamentos con flexibilidad y plasticidad, que presentan una alta resistencia, una estructura muy fina y un cuerpo macroscópico muy uniforme con relaciones de aspecto muy altas y secciones transversales pequeñas.

Las fibras se usan comúnmente para hacer telas e hilos altamente resistentes, y su clasificación depende de su forma y forma.

### **Tipos de fibras**

- **Fibras naturales**

Las fibras naturales son en particular estructuras celulósicas es decir que la celulosa

es en otras palabras el polímero de azúcar que es muy común en la estructura que sirven de soporte para las plantas, tenemos muchas fibras de las cuales sirven para la elaboración de sogas, cables marinos, etc. [40]

- **Fibras vegetales**

Esta fibra se origina de un grupo de células con excelente resistencia mecánica para encontrar los componentes principales como la celulosa y la lignina que son los soportes de la planta. Los componentes químicos son muy difíciles de asimilar por los microorganismos contiene celulosa difícil, lo que la hace más durable. [40]

### **Fibra de vidrio**

La fibra de vidrio está hecha del mismo material que el vidrio completo. Cal, sílice, magnesita, alúmina y otros tipos de óxidos se incorporan en proporciones estrictamente controladas dependiendo del tipo de fibra resultante deseada.

Estos ingredientes se muelen y se mezclan hasta obtener una mezcla homogénea, alcanzando una temperatura de fusión de 1550 °C, la mezcla se encuentra en estado líquido, luego una máquina con filas separadas por 1 a 2 orificios se envía a mm para llegar a su diámetro inicial, lo que da como resultado filamentos de 5 a 2 micras utilizados para el acabado de fibras o plásticos cuando se estiran. [41]

### **Aplicaciones**

Las aplicaciones varían de acuerdo al campo ya sea médico, industrial o electrónico. Antes mencionar sus capacidades como aislante térmico además de que es un material capaz de resistir temperaturas extremas, es decir, resistiría sin problema alguno los 100 °C.

[42] señalan que uno de los principales usos es en la construcción, y se están realizando diversos estudios que podrían reemplazar al acero cuando este no funciona de manera tan eficiente como la fibra de vidrio.

B. Cuando se expone a condiciones agresivas.

### **Usos de la fibra de vidrio**

El uso de fibra de vidrio en varias caras es un método muy económico y presenta

grandes ventajas en cuanto a la resistencia que otorga a las estructuras involucradas.

Numerosos investigadores han tomado la iniciativa de sacar sus propias conclusiones y realizar diversos estudios para comprobar la viabilidad de incorporar fibras ópticas en las estructuras. [43]

Hay compromisos serios en varios frentes en cuanto a la resistencia a la compresión que esto produce, lo que permite encontrar soluciones y el equilibrio adecuado para justificar la resistencia de la fibra de vidrio utilizada en diferentes materiales y diseños. Hay una gran área de investigación abierta. a Mantiene un rendimiento óptimo en la mezcla.

### **Aplicaciones de la fibra de vidrio**

La fibra de vidrio tiene un amplio catálogo de diferentes campos en los que se utiliza [44] señalan que la fibra de vidrio tiene componentes muy beneficiosos como: B. Cementación de postes de fibra con dos cementos de resina en el campo dental. Aparte del sector médico, según [43], el uso de fibras de vidrio en los sectores de la construcción e industrial se categoriza de la siguiente manera:

- **Hormigón**

Hay muchos temas de investigación que demuestran el comportamiento mecánico del hormigón para su uso en este campo, y varios autores han proporcionado pruebas y métodos que permiten evaluar diferentes propiedades de la instalación del material como refuerzo.

Las fibras contenidas en el concreto son típicamente poliméricas o fibrosas y brindan propiedades mecánicas tales como resistencia a la tracción, contracción y permeabilidad.

- **Tuberías**

El fortalecimiento de tuberías ha sido objeto de muchas investigaciones debido a la falta de mucha información científica y veraz y de pruebas que validen su comportamiento y duración, es muy breve, y aún sin saber la causa, los ingenieros se arriesgan a incorporarlo porque es un agente anticorrosivo económico y altamente eficiente.

- **Mampostería**

Los muros son elementos arquitectónicos cuya existencia se ha considerado durante

mucho tiempo. Por esta razón, los investigadores han demostrado que la resistencia a la tracción en las pruebas de lanzamiento falla en los extremos sostenidos por los arneses de la máquina, pero no se rompe debido a una falla real.

- **Yeso**

Se realizaron diversos estudios donde realizaron diferentes probetas donde una parte esta reforzada con fibra de vidrio y por otra parte el conjunto de muestras que no cuentan con ningún tipo de resultados obteniéndose como resultado que la muestra reforzada con la fibra tiene una ganancia respecto a la flexión y la dureza de la misma.

- **Refuerzo de mortero**

- **Puentes**

### **Propiedades de la fibra de vidrio**

Para las siguientes propiedades que fueron indicadas por [43]

- Resistencia mecánica
- Baja conductividad térmica
- Envejecimiento
- Aislamiento
- Resistente a la corrosión
- Resistente a altas temperaturas
- Durabilidad

### **Características de la fibra de vidrio**

La fibra de vidrio tiene características especiales para cada tipo de trabajo donde se destacan las más importantes y destacables. [45]

- No producen chispas
- Inoxidable
- No es conductor

- No corrosible
- Flexible

### **Clases de fibra de vidrio**

De acuerdo con [45] que da la siguiente clasificación:

- Tipo C: resistencia química.
- Tipo D: comúnmente en radares.
- Tipo E: dieléctrico.
- Tipo R: excelentes prestaciones mecánicas.

### **Ensayos**

#### **- Equivalente de arena**

El objetivo general de esta prueba está conformado como una prueba rápida en la correlación en campo, es decir, indica todas las proporciones de finos plásticos, arcillas con respecto a los diversos polvos granulares que pasan por la malla N°4 con un aproximado de 4.75 mm. [46] El ensayo de equivalente de arena se hará mediante el método de ASTM D 2419.

#### **- Azul de metileno**

Este es un proceso extremadamente confiable para identificar y clasificar con precisión las arcillas, ya que es una prueba de tipo cuantitativa en la que las manos del operador a cargo no importan mucho para alcanzar el límite plástico. [47]

Además, esta prueba es supervisada bajo la norma AASHTO TP 57.

#### **- Peso unitario suelto**

El método ASTM C29 se define como la densidad bruta o bruta, junto con la unidad de masa del agregado utilizado, la masa de la unidad de volumen del agregado y el volumen de los vacíos entre todas las partículas. [48]



## - **Calidad de la mezcla**

Partiendo de todo el contenido teórico de la emulsión asfáltica, se comprueba según los estándares de la International Slurry Surface Association, teniendo en cuenta la manejabilidad global de la mezcla con los áridos [34]

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

#### Tipo de investigación

La investigación actual es de tipo aplicada dado que, de acuerdo con Ferreyra y De Longhi [49] indican que busca generar nuevas ideas y conocimientos de forma práctica e inmediata en base a las teorías contribuyendo con el desarrollo del tema tratado acotando con claridad y precisión los estudios realizados con antelación del tema en cuestión, todos estos han sido debidamente comprobados mediante los resultados de ensayos de laboratorio brindando de esta manera brindar al lector un mayor entendimiento de lo sustentado.

Asimismo, el enfoque es cuantitativo dado que hace uso de técnicas y métodos que permiten al usuario la recolección y posterior análisis de datos obtenidos en base a la observación, estadísticas, entre otros pudiendo de esta manera dar respuesta a las interrogantes generadas en esta investigación. [49]

#### Diseño de investigación

El diseño es cuasi – experimental que, para Ferreyra y De Longhi [49] este estudio cuenta con un plan donde se observa el impacto de los tratamientos realizados o procesos de cambios con lo que se pueden realizar con ajustes estadísticos donde los sujetos para la observación no fueron asignados de acuerdo a un proceso aleatorio.

Además, es útil para tener un acercamiento hacia el problema a investigar en la realidad para posteriormente utilizar un diseño confiable.

### 2.2. Variables, Operacionalización

Las variables de operacionalización son esenciales en el diseño y planteamiento del problema pudiendo así dar paso a la búsqueda de información referente a cada una de ellas generando un mejor entendimiento para dar respuesta a las interrogantes planteadas además encontrar los objetivos pudiendo comprobarlas y contextualizarlas de manera específica.

### **Variable independiente**

VI= Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es el resultado final de una aglomeración de hebras de vidrio y filamentos pequeños que, a su vez juntado con resinas, esto al unificarse crea un material de mucha resistencia, flexible y adaptable. Además, de tener gran resistencia es bajo respecto al costo teniendo en cuenta todas aplicaciones en las que será usado.

### **Variable dependiente**

VD= Propiedades físico – mecánicas del micropavimento

Las propiedades físico – mecánicas de la variable dependiente dependerán de los avances de cada uno de los ensayos dando resultados concretos y exactos para la mejor interpretación.

**Tabla 2**

Operacionalización de variables.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Fibra de vidrio	Las fibras retrasan la fisuración prematura y agrietamiento en el pavimento sellado [41]	La proporción empleada de adición de fibra de vidrio se realizó mediante un promedio en base a los antecedentes previos de estudio	Dosificación porcentual de fibra de vidrio añadida a la mezcla de micropavimento	300 500 700 900	Los instrumentos de recolección de datos fueron los formatos de cada ensayo además de usar fichas técnicas de las mismas	g/m <sup>2</sup> g/m <sup>2</sup> g/m <sup>2</sup> g/m <sup>2</sup>	Variable independiente	Uso de criterio y razón

Propiedades físico – mecánicas del micropavimento	Las propiedades dependerán de los materiales y resultados que cumplan con las normas MTC, ISSA y AASHTO [27]	Se evaluó mediante las pruebas laboratorio realizadas a la misma	las propiedades físicas y mecánicas	Desgaste por abrasión- húmedo	Los instrumentos de recolección de datos fueron los formatos de cada ensayo además de usar fichas técnicas de las mismas	g/m <sup>2</sup>			
				Ensayo de la rueda cargada	de los datos de los formatos de cada ensayo	g/m <sup>2</sup>	Variable dependiente	Uso de criterio y razón	
				Inmersión de moldes en agua	además de 1 hora				
				Estabilidad	técnicas de	Kg/cm			
				Flujo		Kg/cm			

Nota. Variables dependientes e independientes.

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población**

La población es un conjunto de diferentes elementos que tienen ciertas características que es lo que en realidad se pretende estudiar, por esta precisa razón, entre la población y la muestra hay un carácter inductivo que va desde lo particular a lo general. [50]

Es por ello que, en la presente investigación, la población a tratar está constituida por las diferentes pruebas en laboratorios especializados en emulsiones asfálticas para el diseño del micro-pavimento adicionando fibra de vidrio.

### **Muestra**

La muestra está entendida como un subconjunto de la población que a su vez está conformado por unidades de análisis. [50]

En relación con lo mencionado anteriormente esta investigación tiene como muestra tres porcentajes de cantidad de fibra de vidrio que consta en tres pruebas de laboratorio las cuales fueron seleccionadas puesto que se debe encontrar el más exacto para el diseño óptimo.

### **Muestreo**

La presente investigación tendrá como objeto 2 mezclas de micropavimento comprendidas en muestras patrón y modificadas con fibra de vidrio para la realización de ensayos correspondientes. Distribuidas de maneras uniformes como se muestra en la tabla 3, teniendo un total de muestras realizadas de 45 unidades de ensayo. De igual manera se comprende un total de 45 briquetas de asfalto en las cuales se le aplicaron las mezclas de micropavimento y modificadas con fibra de vidrio mediante los ensayos de estabilidad – flujo Marshall. De lo anterior mencionado, como objetos de estudio se realizó 90 briquetas donde se le aplicó la mezcla sellante de micropavimento para la presente investigación.

**Tabla 3**

Ensayos de micropavimento patrón.

Ensayo al micropavimento patrón	Forma	Identificación	Baño María	Sub total	total
Rueda Cargada	Circular	Mezclas	-	5	5
Abrasión en ambiente húmedo	Circular	Mezclas	-	5	5
Estabilidad – Flujo Marshall	Cilíndrica	Muestra	30 min	45	45

*Nota.* Ensayos básicos para el micropavimento.

Posteriormente se realizó la aplicación se la mezcla de micropavimento en briquetas de asfalto realizadas con el objetivo de analizar y documentar mediante el ensayo de estabilidad y flujo Marshall simulando de esta manera la aplicación del sellante micropavimento en pavimentos deteriorados.

### **Muestreo**

Se conocen muestreos de dos tipos, probabilísticos y no probabilísticos donde la técnica probabilística permite conocer la probabilidad que tiene cada individuo, es decir, tiene que ser incluida en la muestra a través de una selección no controlada, por otro lado, la técnica de muestreo no probabilístico la selección dependerá enteramente de las características, criterios, entre otras que el investigador pueda considerar en el momento [51].

De lo mencionado anteriormente la investigación sigue el camino no probabilístico dado que las muestras son seleccionados enteramente por el investigador.

### **Criterios de selección**

Guardando relación con la investigación esta se compone de muestras cilíndricas de 64 mm de espesor y 104 mm con un peso total de 1200g todas estas para evaluar las propiedades mediante el ensayo Marshall correspondientes a estabilidad y flujo pasadas las

24 horas de aplicación del micropavimento sellante en fisuras generadas para la simulación de pavimentos desgastados fisurados.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnicas de recolección de datos**

#### **Observación**

Debido a la realización de ensayos de laboratorios por personal capacitado esta técnica permite al investigador recolectar información necesaria para ser documentada y anotada mediante fichas técnicas y formatos de cada ensayo de manera ordenada, precisa y detallada.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos utilizados en la investigación corresponden a los formatos y fichas utilizadas en cada ensayo realizado donde, posteriormente se realiza la validación de la información obtenida analizándola y comparándola con los antecedentes previos de estudio corroborando así dicha información.

### **Validez**

#### **Validez interna**

Durante el proceso de mezcla y elaboración de muestras patrón y modificadas para la investigación los datos obtenidos son revisados y validados por el jefe de laboratorio encargado donde, se dio uso de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) revisadas en los años actuales, además, cabe recalcar la utilización de equipos previamente calibrados y verificados para la correcta obtención de datos evitando un margen de error superior al permitido.

#### **Validez externa**

Gracias a la información obtenida en los trabajos previos referentes a la investigación pudiendo hacer un análisis y síntesis logrando determinar el promedio de los porcentajes de fibra a utilizar contribuyendo al desarrollo de los objetivos e hipótesis.

#### **Confiabilidad**

La confiabilidad de los instrumentos se logra de acuerdo a la correcta observación de



los procesos a realizar para el diseño del micro pavimento verificando las cantidades correctas de la fibra de vidrio y documentando todas las anomalías ocurridas durante las pruebas de laboratorio para posteriormente documentar los resultados de la mano con el personal especialista.

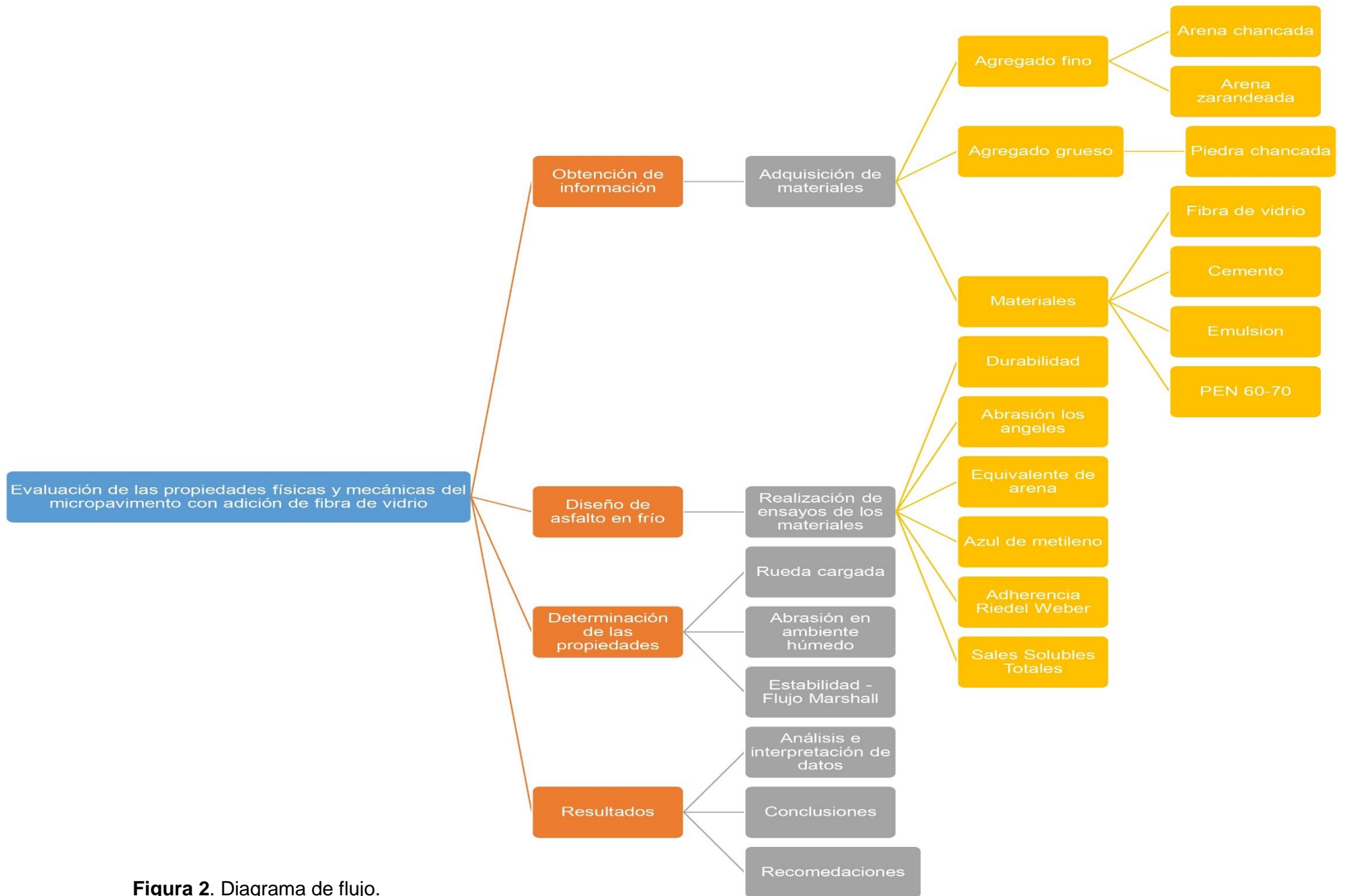
## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

En el proceso a realizar del análisis de datos esta primeramente en describir y buscar resumir los datos para una mejor comprensión.

Además, se busca identificar qué relación tiene la fibra de vidrio con el Micropavimento para luego poder comparar las variables.

Luego de la comparación de las variables se buscó buscar la diferencia entre estas para concluir con resultados aproximados.

En la figura 2. Se observa el diagrama de procesos seguidos en la investigación.



**Figura 2.** Diagrama de flujo.

*Nota.* Diagrama de procesos de la investigación.

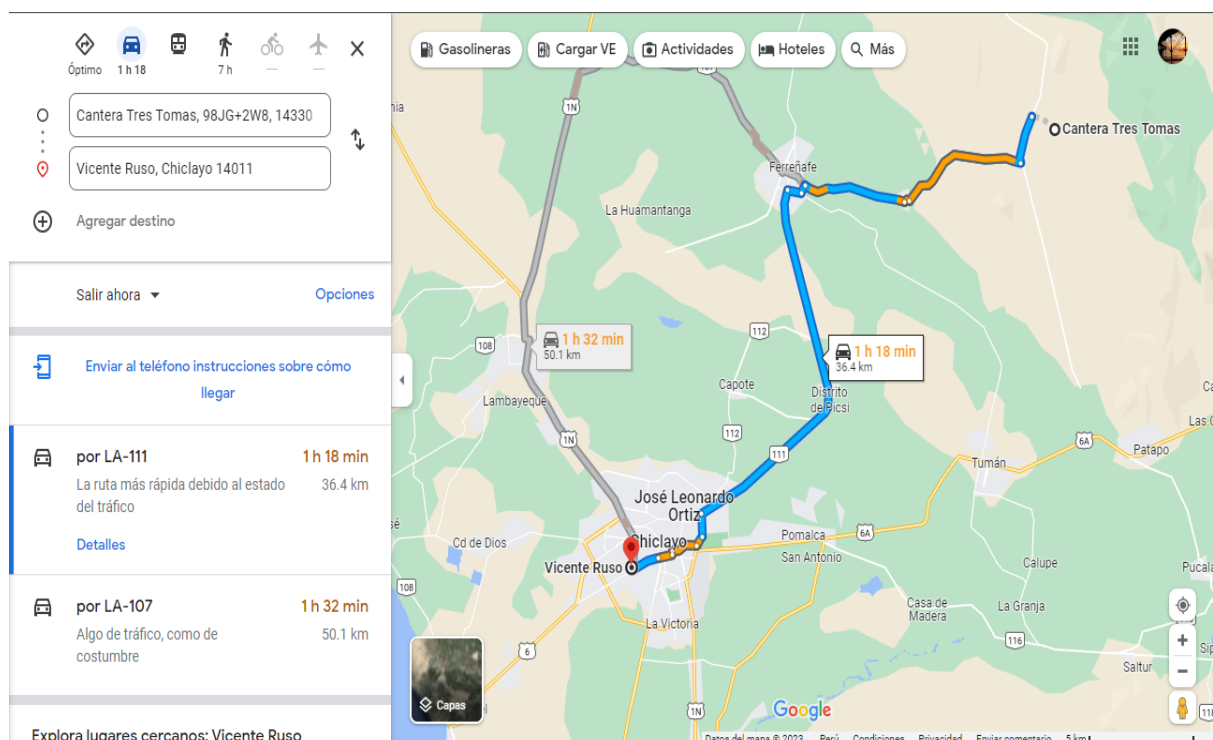
## Descripción de procesos

Durante la realización y búsqueda de información de fuentes reconocidas y fiables se logró determinar las cantidades de fibras a utilizar y posteriormente la obtención de materiales e insumos para efectuar dicha investigación.

### A. MATERIALES

#### - Agregados

La obtención de agregados tanto fino como gruesos fue de la cantera tres tomas ubicadas en la localidad de Mesones Muro mediante la empresa ASFALPACA S.A.C. para poder realizar ensayos correspondientes siguiendo las normas NTP, además, gracias a la empresa con amplio conocimiento de agregados dosificaciones, entre otras en la realización de asfaltos se logró tener una exactitud aún mayor. Los materiales utilizados cumplieron con los requerimientos establecidos por normas nacionales e internacionales. En la siguiente figura se muestra la ubicación exacta de donde se extrajo el material.



**Figura 3.** Ubicación de cantera 3 tomas.

*Nota.* Ubicación exacta de la adquisición de materiales. (Google Maps).



**Figura 4.** Asfalpaca.

*Nota.* Obtención de arena chancada.



**Figura 5.** Obtención de arena zarandeada.

*Nota.* Obtención de arena zarandeada.

- **Cemento**

El cemento utilizado fue de tipo Portland Tipo I con la finalidad de agregar filler a la mezcla.

- **Agua**

De acuerdo a norma el agua que se le añade a la mezcla de Micropavimento debe estar limpia y con un pH comprendido entre 5.5 y 8.0 para producir una adecuada consistencia en la mezcla final. Para esta investigación se tuvo un pH del agua 6.92 considerado apto para la mezcla de Micropavimento.

- **Fibra de vidrio**

La fibra de vidrio se obtuvo mediante la empresa importadora en la ciudad de Chiclayo ubicada en la Av. Pedro Ruiz con intersección con la calle Alfonso Ugarte.

## **B. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS**

- **Granulometría**

De acuerdo a los requerimientos establecidos por cada norma se siguió el ensayo de estas.

### **Equipamiento**

- Balanza 0.1g – 0.01g
- Tamices
- Horno de secado  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- Depósitos

### **Procedimiento**

Para realizar este ensayo es necesario tener una muestra lo suficientemente adecuada dado que se realiza el cuarteo de la muestra que por consiguiente se usa solo una cuarta parte del total, como paso siguiente se tiene que procesar a la muestra mediante un lavado por malla N°200 logrando retirar la suciedad de esta posteriormente a ellos se realiza

el secado de la muestra que, de acuerdo a norma entre 12 – 16 horas con un margen de error que no debe exceder 0.1 a 0.3%

#### - **Equivalente de arena**

De acuerdo a la normativa peruana este ensayo demuestra el porcentaje de una muestra que, para este caso, la arena chancada pueda contener presencia de finos donde se considera de mayor calidad cuando esta tiene un 90% de equivalente

#### **Equipamiento**

- Balanza 0.01g
- Tubos de ensayo
- Solución stock

#### **Procedimiento**

El proceso se realiza tomando un peso pequeño de la muestra pesadas en una balanza con precisión de 0.01g para posteriormente llenar una medida en los tubos de ensayo tomando siempre en cuenta la hora de entrada y la hora final de salida, posterior a ello se agrega la arena chancada para posteriormente rellenar hasta la medida indicada en el tubo de ensayo y esperar cierto tiempo para poder hacer las mediciones mostradas en la figura 6.



**Figura 6.** Equivalente de arena.

*Nota.* Realización de ensayo de equivalente de arena.

### - **Abrasión máquina de los ángeles**

Basándonos en la normativa peruana se ha procedido a realizar mediante el método D teniendo resultados eficientes en la arena chancada, cumpliendo con los requisitos dados por el micropavimento.

#### **Equipamiento**

- Balanza tradicional
- bandejas
- máquina de los ángeles

#### **Procedimiento**

Para poder realizar primeramente se pesa el porcentaje retenido por cada malla indicada por el técnico de laboratorio hasta llegar a un peso de 5 kg, posteriormente a ello se lleva a la máquina de los ángeles donde se colocarán 6 esferas con 15 minutos para posteriormente determinar el desgaste de estas mostradas en la figura 7.



**Figura 7.** Máquina de los ángeles.



*Nota.* Realización de ensayo de abrasión.

### - **Azul de metileno**

Este proceso del ensayo de azul de metileno tiene la finalidad de identificar y clasificar con precisión las arcillas mediante una solución como su nombre lo indico, azul de metileno.

### **Equipamiento**

- Pipeta
- Muestras
- Filtro Whatman N°40
- Gotero

### **Procedimiento**

Para la realización de este ensayo se debe tener en cuenta la precisión del técnico dado que por cada punto utilizado se debe anotar con exactitud lo realizado, por consiguiente se realiza el tamizado por la malla N°200 en este caso de la arena chancada dando como paso siguiente a la mezcla del polvo sustraído de la malla N°200 con azul de metileno hasta tener una mezcla uniforme posteriormente con un gotero rápidamente realizar gotas sobre el filtro hasta tener un halo y textura ideal como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Azul de metileno (filtro Whatman).



*Nota.* Muestras de azul de metileno en el filtro Whatman N°40.

### - Adherencia Riedel Weber

Para este ensayo se usó emulsión asfáltica conjuntamente con material sustraído de la arena chancada el cual se deja reposar por 24 horas de acuerdo a la indicación del técnico para poder evaporar el agua contenida en la emulsión.

### Equipamiento

- Tamices
- Estufa pequeña
- Balanza 0.01g
- Tubos de ensayo
- Fiolas
- Espátulas
- Cronometro



**Figura 9.** Adherencia Riedel Weber.

## **Procedimiento**

Similar al análisis granulométrico dado que se realiza un cuarteo de la muestra para luego tamizarlo por las mallas N°30 y N°80 donde posteriormente esta material sustraído se seca con una estufa a una temperatura de  $145\pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora, posteriormente se deja enfriar para luego pasar por las mallas N°30 y N°100 para añadir luego emulsión asfáltica dejando reposar 24 horas y dejar evaporar el agua contenida en la emulsión, posterior a ellos se realiza la mezcla de carbonato sódico en agua que serán añadidos en 10 tubos de ensayo para medir su desprendimiento como se muestra en la figura 9.

### **C. Propiedades físicas y mecánicas del micropavimento**

#### **- Rueda Cargada**

Esta prueba es usada para encontrar el contenido máximo de aglutinante que puede tener una muestra para una dosis de micropavimento.

#### **Equipamiento**

- Muestras de micropavimento
- Balanza
- Cronómetro
- Equipo de rueda de carga

#### **Procedimiento**

El proceso de la realización es relativamente sencillo dado que se prepara un espécimen con medidas estándares en largo y ancho para posteriormente compactarla y verificar el ahuellamiento de cada muestra ensayada que se somete a ciclos repetitivos donde la adherencia de la arena en el material permite determinar su contenido máximo de aglomerante que contiene.

#### **- Abrasión en ambiente húmedo**

Como su contraparte de la rueda cargada este ensayo tiene el objetivo de determinar el contenido mínimo de aglutinante durante 1 hora a  $25^{\circ}\text{C}$

## **Equipamiento**

- Muestras
- Cronometro
- Termómetro

## **Procedimiento**

La importancia de esta prueba radia en la simulación de condiciones abrasivas en ambientes húmedos, es decir, cuando un vehículo frena bruscamente y gira donde se verifica el peso perdido expresada en gramos utilizando una muestra en forma de disco con un espesor de 6mm y un diámetro de 280 mm.

## **Procesos estadísticos de datos**

el Análisis de Varianza muestra el efecto de la aplicación de diferentes porcentajes de fibra de vidrio en la formulación del pavimento asfáltico en la prueba de estabilidad corregida (Kg). En él, podemos observar que el cuadrado medio del error es mayor que el del error, además el valor P (0.000) es  $< 0.005$ , y se concluye que los porcentajes de los tratamientos, es decir, las concentraciones de fibra de vidrio en la formulación del asfalto, influyeron en su respuesta a la estabilidad corregida (Kg). Por otro lado, los valores obtenidos en las pruebas de confiabilidad, el coeficiente de variabilidad (CV) de 0.01 y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99.82, se encuentran dentro de los rangos para estudios de laboratorio, por lo que los datos son confiables.

## **2.6. Criterios éticos**

Los criterios éticos van de acuerdo al código de ética de la Universidad Señor de Sipán estipula que deben promover además de defender la integridad, el honor y la dignidad de la profesión de acuerdo al capítulo I de la misma. También indica los valores, normas morales y éticas que se debe cumplir al iniciar sus funciones para ofrecer sus servicios evitando así ser sancionados de acuerdo al título IV correspondiente al régimen disciplinario. [52]

### **Recolección de datos**

Durante el proceso investigativo se realizó búsqueda de las principales fuentes científicas tales como revistas de Scopus, Science Direct, entre otras de mayor fiabilidad tanto nacionales como internacionales teniendo en cuenta la antigüedad de las mismas.

### **Aplicación**

Los datos obtenidos en laboratorio son enteramente verdaderos y originales garantizados con investigaciones relacionadas al tema en cuestión elaborados mediante el sistema de referencias IEEE.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 2.7. Resultados

##### OE1: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Correspondiente al primer objetivo específico se mostrarán los siguientes resultados.

El material obtenido fue sustraído de la cantera tres tomas ubicadas en la localidad de Mesones Muro en la región Lambayeque.

##### Ensayos de los agregados

###### A. Análisis granulométrico

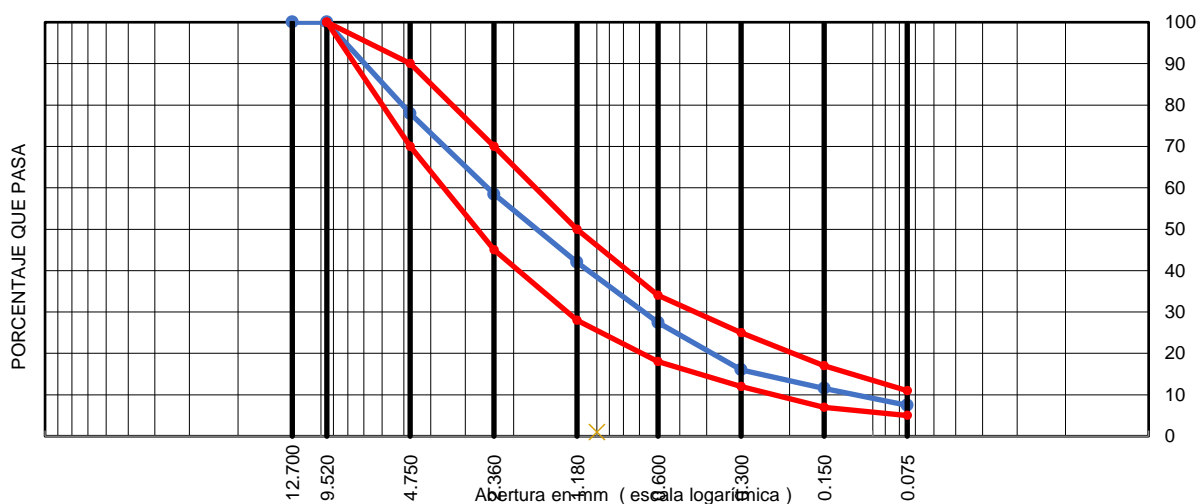
En este ensayo se determina la gradación del agregado iniciando en Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo IV establecidos en la norma MTC EG-2013, donde, para esta investigación de acuerdo con los datos recogidos ingresa en la gradación Tipo III demostrados en la tabla 4.

**Tabla 4**

Granulometría del agregado pétreo.

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO M-III		
			retenido	acumulado	que pasa			
1/2"	12.700							
3/8"	9.520				100.0	<b>100</b>	_	<b>100</b>
N°4	4.750	132.5	22.1	22.1	77.9	<b>70</b>	_	<b>90</b>
N° 8	2.360	116.9	19.5	41.6	58.4	<b>45</b>	_	<b>70</b>
N° 16	1.180	98.5	16.4	58.0	42.0	<b>28</b>	_	<b>50</b>
N° 30	0.600	87.4	14.6	72.6	27.5	<b>18</b>	_	<b>34</b>
N° 50	0.300	68.5	11.4	84.0	16.0	<b>12</b>	_	<b>25</b>
N° 100	0.150	26.9	4.5	88.5	11.6	<b>7</b>	_	<b>17</b>
N° 200	0.075	24.5	4.1	92.5	7.5	<b>5</b>	_	<b>11</b>
< 200	-	44.8	7.5	100.0				

*Nota.* Granulometría demostrada para la determinación de gradación del material.



**Figura 10.** Curva granulométrica del agregado pétreo.

*Nota.* Curva granulométrica con límites superiores e inferiores de acuerdo a norma.

De acuerdo con la figura 10 se determinan que el agregado es óptimo para ingresar en la gradación de Tipo III.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados teniendo en cuenta los requerimientos de acuerdo a cada una de las normas vigentes.

**Tabla 5**

Tabla resumen de propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado	Obs.
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	9.12%	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.	23.1%	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	NP	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mín.	65%	Cumple
Azul de Metileno	AASHTO TP 57	8% máx.	3.67%	Cumple
Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 210	4 mín.	5	Cumple

*Nota.* Tabla resumen de los ensayos realizados al material con sus requerimientos establecidos por norma.

## **B. Equivalente de arena**

Este ensayo ayuda a determinar la cantidad y características del agregado fino que contiene material mineral mediante una solución viscosa capaz de separar las arcillas e impurezas.

El cálculo del equivalente de arena es el siguiente:

Ecuación 1

Equivalente de arena (EQ)

$$EQ = \frac{\text{Lectura de arcilla}}{\text{Lectura de arena}} \times 100\%$$

## **C. Azul de metileno**

El objetivo de este ensayo es determinar la cantidad de material dañino presente en el agregado fino pasante por la malla N°200 con una solución de azul metileno agregado de manera controlada donde, se determinó que el agregado cumple de acuerdo con la tabla 6 con las especificaciones requeridas por la norma.

## **D. Emulsión**

La emulsión está clasificada de acuerdo al tiempo de secado y de rotura establecido en cada una de ellas el uso, para esta investigación se usó emulsión de rotura lenta CSS-1H adquirido de la empresa Adquisiciones San Rafael S.A.C., que, de acuerdo con su informe de control de calidad tenemos:

**Tabla 6**

Informe de calidad de emulsión CSS- 1H.

ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DE ANÁLISIS	ESPECIFICACIONES EG	
				2013 / ASTM D 2397	
				Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C (SFS)	MTC E403	ASTM D244	21.9	20	100
Destilación, contenido de asfalto residual, %	MTC E411	ASTM D244	60.40	57	-
Estabilidad de almacenamiento, 24hr, %	MTC E404	ASTM D244	0.20	1	
Prueba de tamiz N°20. %	MTC E405	ASTM D244	0.01	≤ 0.1	
Carga de partícula	MTC E407	ASTM D244	Positivo	Positivo	

*Nota.* Informe de calidad de la ficha técnica obtenida de la emulsión asfáltica.



**Tabla 7**  
Residuo asfáltico.

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO ASFÁLTICO	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS DE ANÁLISIS	ESPECIFICACIONES EG 2013 / ASTM D 2397	
			Mín.	Máx.
Penetración, 25 °C (77°F), 100g, 5s, dmm	MTC E304	ASTM D5	61	40 90
Ductilidad, 5cm/min, cm	25°C MTC E306	ASTM D113	>100	40 -
Solubilidad Tricloroetileno, %	en MTC E302	ASTM D2042	99.6	97.5 -

*Nota.* Residuo asfáltico obtenido de la ficha técnica de emulsión asfáltica.

### **E. Agua**

De acuerdo a norma el agua que se le añade a la mezcla de Micropavimento debe estar limpia y con un pH comprendido entre 5.5 y 8.0 para producir una adecuada consistencia en la mezcla final. Para esta investigación se tuvo un pH del agua 6.92 considerado apto para la mezcla de Micropavimento.

### **F. Durabilidad al sulfato de magnesio**

La durabilidad es un método encargado de estimar la durabilidad del agregado fino bajo las condiciones de intemperie.

### **G. Desgaste por abrasión Máquina de los Ángeles**

De acuerdo a norma se tiene 4 métodos para el ensayo de abrasión máquina de los ángeles dependiendo de la gradación del agregado siendo los siguientes:

Para esta investigación se usó la gradación D correspondiente a 6 esferas o vías para el agregado fino, en esta ocasión arena chancada obteniendo resultados favorables con los requerimientos de la norma.

## H. Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos mediante el procedimiento Riedel – Weber.

Este método mide la adhesividad del ligante bituminoso (emulsión) y los agregados finos para ver la viabilidad del empleo en la aplicación en carreteras.

### I. Sales solubles en los suelos.

El contenido de sales busca, como su nombre lo indica, presencia de sales en el agregado donde este es sometido a lavados continuos a temperatura de ebullición donde la presencia de estas se detecta mediante diversos reactivos químicos que al menor indicio estas pueden formar precipitados fácilmente visibles. En la tabla 8 se apreciará el contenido de sales en el material ensayado que cumplen con el requerimiento establecido en la norma EG 2013.

**Tabla 8**

Contenido de sales solubles en los suelos.

DATOS DEL ENSAYO			
MUESTRA	IDENTIFICACIÓN		Promedio
	1	2	
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	116.62	131.84	
(2) Peso Tarro + agua + sal	159.18	181.84	
(3) Peso Tarro Seco + sal	116.64	131.87	
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.03	
(5) Peso de Agua (2-3)	42.56	50.00	
(6) Porcentaje de Sal	0.05 %	0.06 %	0.05 %

*Nota.* Búsqueda del porcentaje de sal en las muestras.

### OE2: Determinar las propiedades mecánicas del Micropavimento patrón.

Teniendo en cuenta el segundo objetivo específico en las siguientes tablas y figuras

se muestran los resultados obtenidos en los laboratorios correspondientes.

### Rueda cargada

Este ensayo busca el contenido óptimo de emulsión asfáltica en la mezcla de micropavimento además verifica las exudaciones de la mezcla por tal motivo se debe ensayar 5 muestras con un óptimo contenido de emulsión partiendo desde el 9.5% hasta llegar a 15% con un exceso de asfalto resultante para la mezcla 1 de 101.0 g/m<sup>2</sup> y para la mezcla 5 se obtuvo 405.0 g/m<sup>2</sup>.

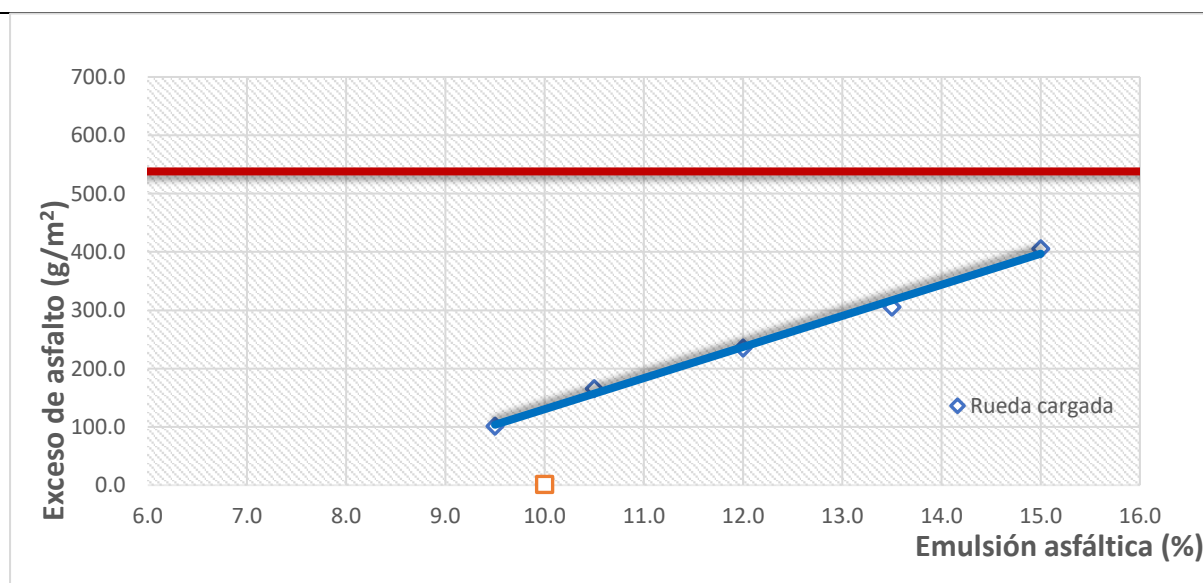
**Tabla 9**

Exudación de asfalto mediante la rueda cargada.

**Figura 11.** Cálculo para el máximo contenido de asfalto.

Datos del ensayo

Mezcla n°	Cont. de agua (%)	Cont.de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc.asfalto (g/m <sup>2</sup> )	Especificación
1		9.5	412.8	413.7	101.0	
2		10.5	425.6	427.2	165.5	
3	10.0	12.0	445.8	448.4	234.9	<b>&lt;538g/m<sup>2</sup></b>
4		13.5	447.6	450.6	305.1	
5		15.0	451.1	454.8	405.0	



Nota. Búsqueda del exceso de asfalto cumpliendo con la especificación.

## Desgaste por abrasión en ambiente húmedo.

De igual forma se realizó el ensayo mediante 5 mezcla con contenidos de asfalto entre los valores 9.0% a 15.0% para observar si la perdida por abrasión cumple con los requerimientos establecidos mostrados en la tabla 10.

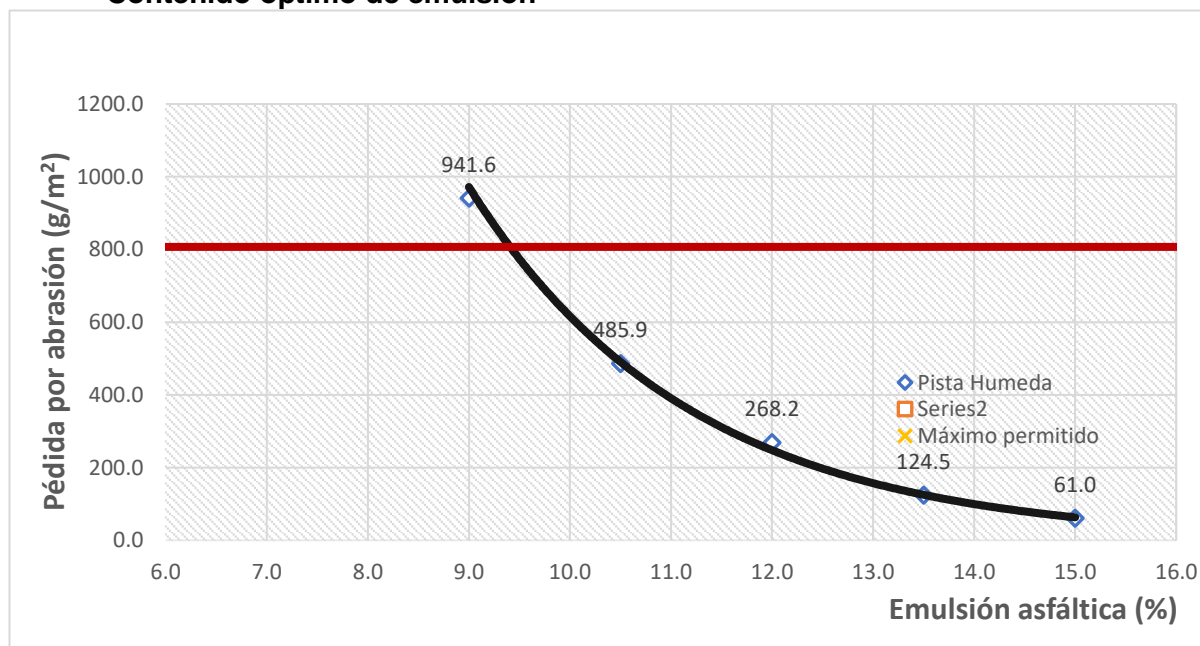
**Tabla 10**

Desgaste por abrasión en ambiente húmedo.

Datos del ensayo					
Mezcla n°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m <sup>2</sup> )	Especificación
1	9.0	2581.5	2611.9	941.6	<b>807 g/m<sup>2</sup> (máximo)</b>
2	10.5	2674.9	2693.1	485.9	
3	12.0	2612.5	2621.8	268.2	
4	13.5	2645.5	2649.4	124.5	
5	15.0	2661.9	2663.0	61.0	

*Nota.* Búsqueda de la pérdida de abrasión en ambiente húmedo.

### Contenido óptimo de emulsión



**Figura 12.** Cálculo del desgaste por abrasión en ambiente húmedo.

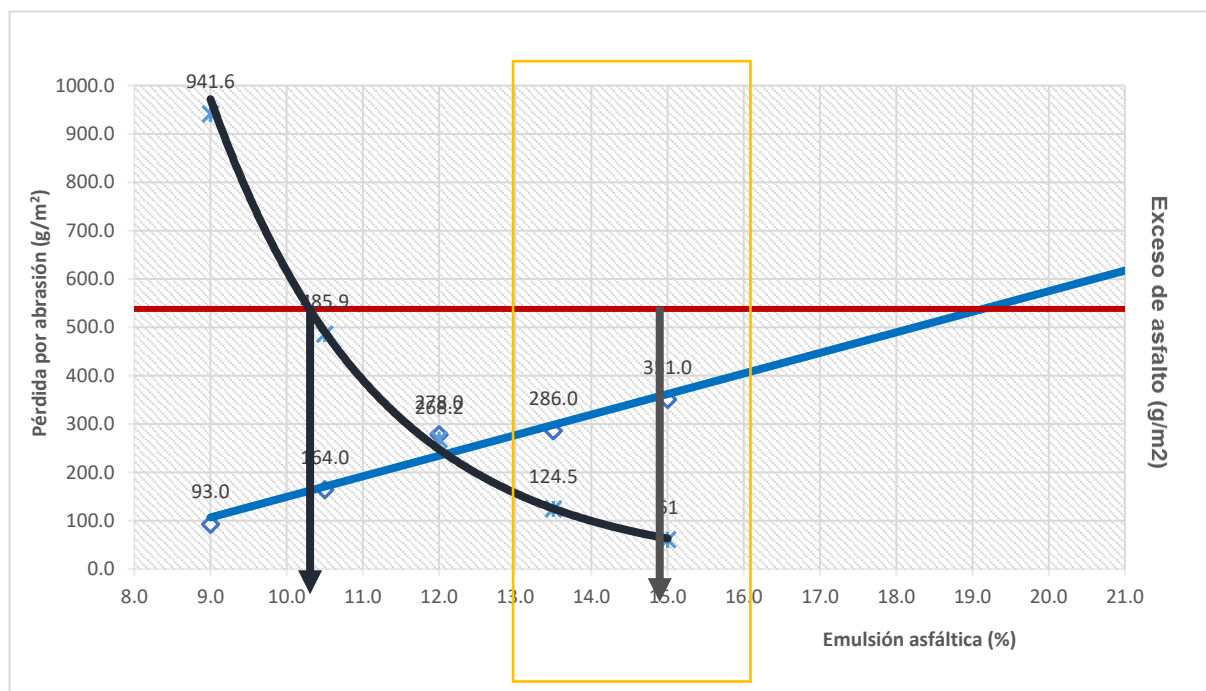
El contenido óptimo está conformado por la interpolación de las figuras 11 y 12 además mediante la tabla 11 se observa los datos exactos.

**Tabla 11**

Porcentaje óptimo de emulsión.

Porcentaje óptimo de emulsión	
a) El contenido mínimo de pista húmeda (PH) (%)	10.30%
b) El contenido máximo por rueda cargada (RC) (%)	19.00%
c) Porcentaje óptimo de emulsión (%)	14.65%
d) Asfalto residual (%)	8.94%

*Nota.* Cálculo del porcentaje de emulsión.



**Figura 13.** Porcentaje de contenido óptimo de emulsión asfáltica.

*Nota.* Intersección de datos obtenidos para el contenido óptimo de asfalto.

### Determinar las propiedades mecánicas Marshall del Micropavimento

En base al tercer objetivo específico se tienen los siguientes resultados demostrados con cada uno de los laboratorios.

## Estabilidad – flujo Marshall

Para determinar la deformación se usó como testigos de asfalto con el objetivo de evaluar cual fue los resultados más óptimos con el sellado usando micropavimento siendo el flujo entre los valores más correctas la mezcla patrón y con 3% de fibra de vidrio mostrados en la figura siguiente.

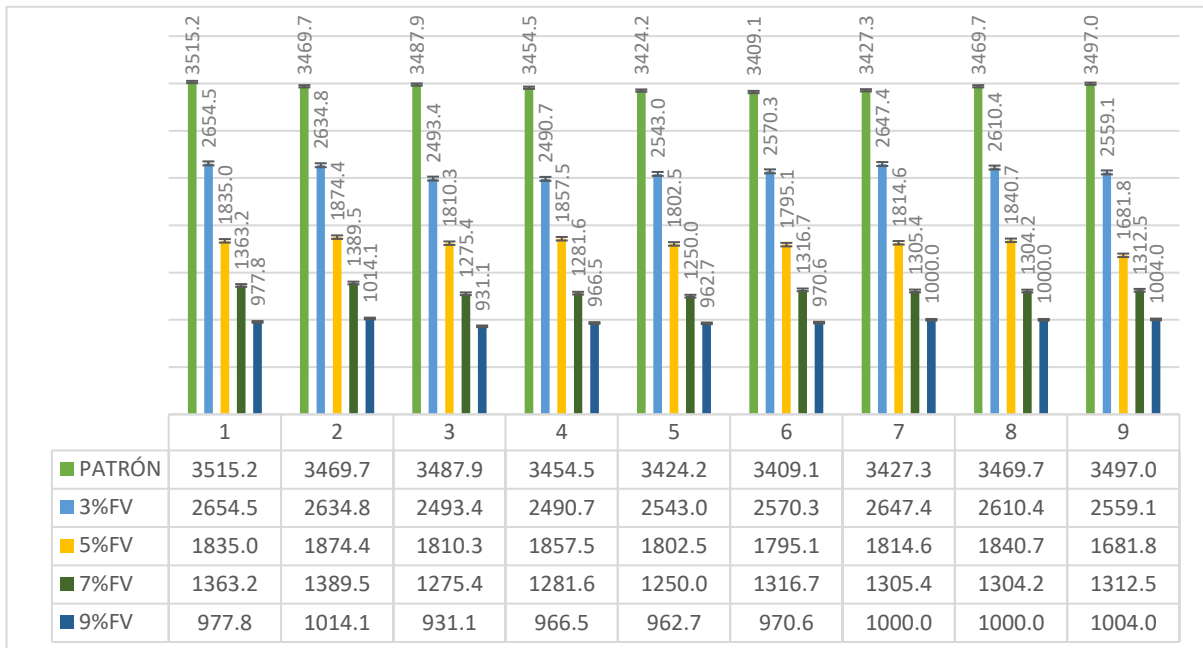


Figura 14. Estabilidad – Flujo micropavimento

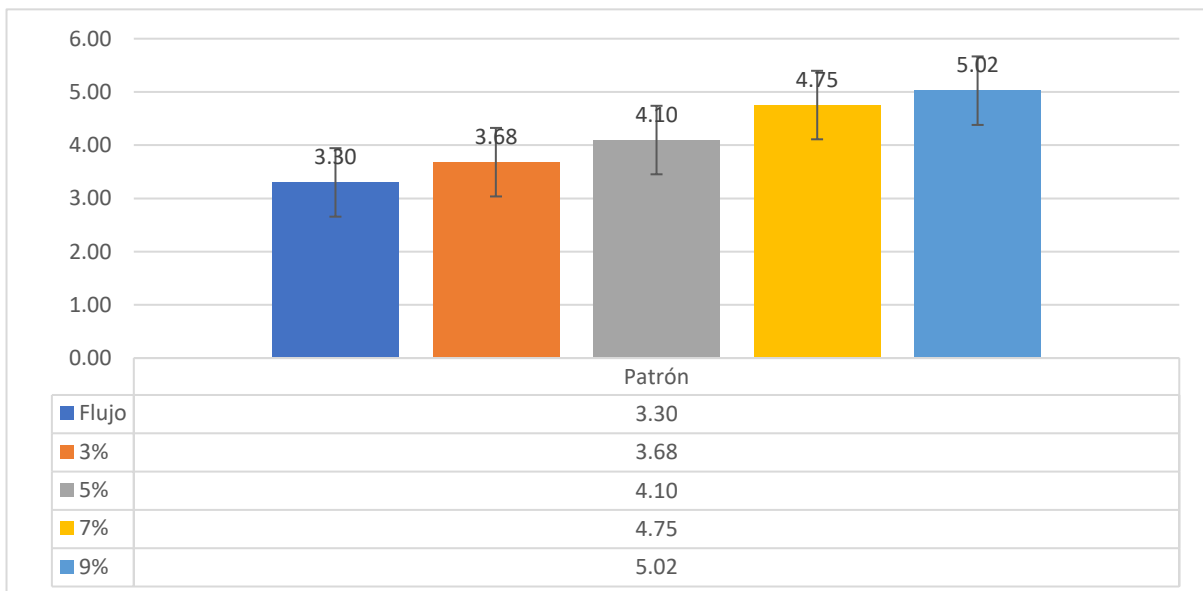


Figura 15. Flujo micropavimento.

Nota. Desviación estándar de resultados obtenidos en flujo de las muestras ensayadas.

Por otra parte, la estabilidad es el factor que se encarga de medir la capacidad de resistencia de los testigos para este caso sellados con micropavimento sin deformarse es por ello que los valores a medida que se iba agregando más fibra de vidrio la mezcla tenía menor estabilidad mostrados en la figura 15.

## **2.8. Discusión**

En base a los resultados obtenidos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los agregados se demostró que estos cumplen de manera correcta y asertiva para, de manera siguiente, realizar los diseños y posteriores ensayos correspondientes a estas.

De acuerdo con el ensayo de la rueda teniendo que de las 5 muestras para verificar el exceso de asfalto se tuvo que la muestra uno se obtuvo  $101.0 \text{ g/m}^2$  y como máximo exceso de asfalto en la muestra 5 obtuvo  $405.0 \text{ g/m}^2$  cumpliendo con el requerimiento establecido de  $<538 \text{ g/m}^2$ .

Donde los resultados coinciden de manera asertiva con [53] menciona que al agregar 0.26% de fibra de vidrio esta mejora la resistencia hasta de un 25% con un fraguado rápido y un tráfico rápido. Por otro lado, en la realización de la abrasión en ambiente húmedo teniendo el mismo proceso de 5 muestras ensayadas resultó que, en la mezcla 2 con un contenido de emulsión de 10.5% tuvo una pérdida de abrasión húmeda de  $485.9 \text{ g/cm}^2$  cumpliendo con lo especificado de  $807.0 \text{ g/cm}^2$ .

En base a las propiedades mecánicas Marshall del micropavimento se muestra que la compactibilidad y deformación permanente generada mediante la aplicación de una carga repetitiva por otro lado con el ensayo de abrasión en ambiente húmedo se determinó que la muestra cumple con los requerimientos establecidos respecto al desempeño, corroborado por Hafezzadeh & Kavussi quienes determinaron que, el incremento de contenido de betún en las mezclas da lugar a una mejor adhesión de la mezcla [54].

Así mismo en la opinión de [53] manifiestan que el Micropavimento como mezcla para la reparación y el mantenimiento del pavimento asfáltico con distintas fibras en conjunto entre ellas, diatomita, la nano zeolita, el caucho de estireno-butadieno y la fibra de vidrio obtuvieron

que con la adición de fibra de nanozeolita en un 2% y 4% de polipropileno mejoraron la estabilidad 25% en cambio con 0.26% de fibra de vidrio el flujo se mantuvo en 2 mm.

Corroborando con [55] que indican que el micropavimento con adiciones con fibra de vidrio en cantidades menores de 0.2 de fibra de vidrio en comparaciones con la mezcla de Micropavimento patrón y/o convencional mostraron los valores más bajos respecto a las pruebas de rueda cargada y con una estabilidad de 15.3% teniendo una ligera mejora respecto al patrón.

Para la realización de estabilidad y flujo Marshall es necesario considerar límites aceptables donde la muestra pueda ser correspondida a válida dado que, si el contenido óptimo de asfalto supera lo establecido esta es considerada como muy plástica e inestable, por el contrario, si esta muestra un valor por el debajo de lo establecido es considerada muy rígida. El factor de estabilidad flujo en las muestras añadidas sellante de micropavimento contaron con un patrón de 3119.0 kg/cm con un flujo (0.254mm) de 3.30 mm teniendo como factor de estabilidad 1 donde las deformaciones por la estabilidad flujo de las muestras con sellante modificado con fibra de vidrio no lograron superar con efectividad a la muestra aplicada patrón teniendo como porcentaje cercano a esta de 3% teniendo una estabilidad promedio de 948.33 kg con un flujo exacto de 3.68mm frente a los valores patrones de 1142.3 kg y un flujo correspondiente a 3.30 mm considerados para un tránsito de tipo A.

Así mismo la información se corrobora de acuerdo al Análisis de Varianza ejecutado donde se determinó el efecto de la aplicación de diferentes porcentajes de fibra de vidrio sobre la formulación de pavimento asfáltico en la prueba de estabilidad corregida (Kg), en ella podemos observar que el cuadrado medio del error es mayor que el del error, asimismo el P Valor (0.000) es  $< 0.005$ , y se concluye que los porcentajes de los tratamientos, es decir que las concentraciones de fibra de vidrio sobre la fórmula asfáltica influyeron sobre su respuesta a la estabilidad corregida (Kg). Por otro lado, los valores obtenidos en las pruebas de confiabilidad, coeficiente de variabilidad (CV) de 0.01 y coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 99.82, encontrándose dentro de los rangos para estudios en laboratorio, por lo que los datos son confiables.



## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.1. Conclusiones

1. Los datos obtenidos permitieron determinar con exactitud las propiedades físicas y mecánicas de los materiales dado el estricto control para la selección de estos pudieron dar los resultados esperados para la realización de la investigación.
2. Se realizaron análisis de rueda cargada y abrasión en húmedo además la aplicación del sellante en pruebas de estabilidad y flujo Marshall obteniendo para el contenido de asfalto en la rueda cargada en la mezcla 5 con un 15% de contenido de emulsión obteniendo un exceso de esta en  $405.0 \text{ kg/cm}^2$  cumpliendo con lo requerido de  $<538 \text{ g/m}^2$ . Además, para la prueba de abrasión en ambiente húmedo se obtuvo que, de las 5 muestras ensayadas la muestra 2 con un contenido de emulsión 10.5% tuvo una pérdida por abrasión de  $485.9 \text{ g/m}^2$  cumpliendo de esta manera con lo requerido por norma de  $807 \text{ g/m}^2$ .
3. Para estas pruebas, la muestra patrón no ha sido superada por las mezclas modificadas con fibra de vidrio tal es el caso que para la mezcla sellante patrón se obtuvo un flujo de 3.30 mm y una estabilidad de 1142.33 kg, teniendo como porcentaje cercano a ésta, la mezcla con 3% de fibra de vidrio tuvo un flujo de 3.68 mm y 948.33 kg.
4. En base a los ensayos realizados se obtiene que la muestra más cercana a la muestra patrón demostrada en el ensayo de estabilidad – flujo Marshall es de 3% teniendo valores muy cercanos a ésta sin llegar a superar en su totalidad al espécimen patrón por lo tanto se concluye que la aplicación solamente debe ser limitada a tratamiento superficial mas no estructural.

### **3.2. Recomendaciones**

1. Se recomienda a futuras investigaciones realizar los estudios para determinar las propiedades físicas y mecánicas del material a emplear debido a que estas influyen directamente en los resultados de los micro pavimentos debiendo cumplir al pie de la letra las normativas tanto nacionales como NTP o internacionales tales como ISSA, ASTM, entre otras.
2. Para determinar las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento se debe realizar un diseño de mezcla de asfaltos en frío de las cuales se especificarán las cantidades y como influirán en ellas los porcentajes de la variable utilizada en los pesos de las muestras realizadas teniendo un micropavimentos en peso y cantidades uniformes de buena adherencia y calidad.
3. Para determinar si el micropavimento cumple su objetivo como sellante de alta resistencia se sugiere a las futuras investigaciones realizar pruebas donde se realicen simulaciones de asfalto desgastado y agrietado mediante las pruebas estabilidad y flujo Marshall.
4. Se recomienda aplicar el micropavimento modificado con fibra de vidrio de manera de sellante superficial en las fisuras y grietas generadas por desgaste de la carpeta de rodadura.

## REFERENCIAS

- [1] E. Cruz Chimal, «Evaluación de las emulsiones asfálticas basadas en especificaciones de grado de desempeño y del defecto de las fibras utilizadas en aplicaciones de microaglomerados.,» Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 2020.
- [2] L. D. Vivek Kumar, «Evaluation of Louisiana asphalt pavement friction,» Tribhuvan University, Nepal, 2011.
- [3] F. Xiao, L. Xu, Z. Zhao y X. Hou, «Recent applications and developments of reclaimed asphalt pavement in China, 2010–2021,» *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 37, 2023.
- [4] M. Poursoltani y S. Hesami, «Performance evaluation of microsurfacing mixture containing reclaimed asphalt,» *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 21, nº 12, pp. 1491-1504, 2020.
- [5] M. . A. Esfahani y K. Alireza, «Effect of type and quantity of emulsifier in bitumen polymer emulsion on microsurfacing performance,» *International Journal of Pavement Engineering*, 2020.
- [6] A. J. T. Hand, P. Ragavan, N. G. Elias, E. Y. Hajj y a. P. E. Sebaaly, «Evaluation of Low Volume Roads Surfaced with 100% RAP Millings,» *Materials*, vol. 15, nº 21, 2022.
- [7] R. Hafezzadeh y A. Kuvussi, «Application of microsurfacing in repairing pavement surface rutting,» *Road Materials and Pavement Design* , vol. 22, nº 5 , pp. 1219-1230, 2021.
- [8] O. A. TÁBORA CRUZ, «GUÍA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS CON BASE EN TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS,» UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2021.
- [9] P. A. Aranda Casana y C. A. Zamora Chapoñan, «Calidad del Micropavimento, usando

los agregados de las canteras de la Provincia de Trujillo, 2018,» Trujillo, 2019.

- [10] C. Pino Mendieta y . B. N. d. I. M. Quispe Urrunaga, «Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo C.P. Mariposa Leiva – Molino Chocope, Distrito de Chocope, Ascope - Región La Libertad,» Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, 2018.
- [11] L. I. Ochoa Simón, «Modelo de Mantenimiento en vías no pavimentadas para optimizar el nivel de servicio,» Universidad Ricardo Palma, Lima, 2022.
- [12] E. Rodríguez Roncal, «Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2019.
- [13] J. L. CONTRERAS CHAVEZ, «EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE RELLENO MINERAL SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL ASFALTO EN FRÍO (MÉTODO ILLINOIS), HUANCAYO 2018,» Universidad del Centro del Perú, Huancayo, 2020.
- [14] N. A. Scaramutti Alvarez y P. D. Vásquez Llanovarced, «Influencia de la variabilidad de la granulometría del agregado en la deformación permanente de micropavimentos para el proyecto de conservación vial complementario Huancavelica tramo V: Acobamba- Puente Alcomachay,» Lima, 2020.
- [15] M. V. Palomino Díaz y E. F. Rodríguez Balbín, «IMPORTANCIA EN LA SELECCIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO EN EL DESEMPEÑO DE MICROPAVIMENTOS APLICADO AL PROYECTO VIAL CONOCOCHA – RECUAY,» Lima, 2017.
- [16] G. Shackil, Y. Mehta, A. Saidi, . A. Ali y D. Offenbacher, «Evaluation of cracking performance of fiber reinforced and polymer enhanced microsurfacing mixtures using conventional asphalt laboratory testing,» *Construction and Building Materials*, vol. 307, nº 1, 2021.
- [17] J. Aguilar Maldonado, R. I. Hernández Domínguez y R. Soto Espitia, «EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN MICROAGLOMERADO EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EN EL SIMULADOR DE VEHÍCULOS PESADOS,» Congreso Mexicano de Asfalto, Cancún, 2017.

- [18] Y. Gao, Q. Guo, Y. Guo, P. Wu, W. Meng y T. Jia, «Investigation on Reinforced Mechanism of Fiber Reinforced Asphalt Concrete Based on Micromechanical Modeling,» *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2, pp. 1-12, 2017.
- [19] M. Souliman, A. Tripathi y M. Maher Isied, «Mechanistic Analysis and Economic Benefits of Fiber-Reinforced Asphalt Mixtures,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 31, nº 8, 2019.
- [20] Q. Zhang, M. Khattak y A. Das, «Mitigating Reflective Cracking Through the Use of a Ductile Concrete Interlayer,» 2019.
- [21] A. Alfalah, D. Offenbacher, A. Ali, Y. Mehta, M. Elshaer y C. Decarlo, «Evaluating the impact of fiber type and dosage rate on laboratory performance of Fiber-Reinforced asphalt mixtures,» *Construction and Building Materials*, vol. 310, 2021.
- [22] L. E. Contreras Torrealva y J. L. Furlong Soto, «Calidad del micropavimento, utilizando agregados de las canteras del Milagro de la Provincia de Trujillo, 2020,» Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, 2020.
- [23] J. Chilipio Mormontoy , «Evaluación de desempeño del diseño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020,» Lima-Perú, 2020.
- [24] M. M. Ramos Huamán, «Gestión de la conservación y beneficios de la aplicación de micropavimento en una concesión vial en el Perú,» Universidad de Piura, Piura, 2018.
- [25] G. . E. Delgado Yafac, «Selección y diseño de pavimento de bajo tráfico con tratamiento superficial del paso inferior San Clemente - Pisco - Ica 2020,» Universidad Señor de Sipan, Pimentel, 2020.
- [26] O. J. Ochoa Rojas, «Aplicación del micropavimento para mejorar los costos de la pavimentación de la cancha deportiva en el Asentamiento humano Los Huertos de

Manchay, distrito de Pachacamac, 2017,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017.

- [27] PCM;, «MicroPavimento,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.pcmmonterrey.com/micropavimento/>.
- [28] Bituper S.A.C., «Bituper,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.bituper.com/>.
- [29] I. Zambrano Mesa, A. Alonso Aaenlle y E. Tejeda Piusseaut, «Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos,» *Revista Infraestructura Vial*, vol. 22, nº 39, pp. 29- 42, 2020.
- [30] A. Vargas tiérrez, «EXPERIENCIA DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTOS EN EL SALVADOR,» Universidad de Piura, Lima, 2016.
- [31] Manual de Carreteras, «Especificaciones Técnicas generales para construcción,» Lima, 2015.
- [32] É. Hermida, «Polímeros,» Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica., 2011.
- [33] INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION, «Método de ensayo para clasificar la compatibilidad de los materiales de superficies de tipo slurry mediante los procedimientos Schulze-Breuer y Ruck,» 2013.
- [34] ISSA Preserving Pavement, «Método de ensayo para clasificar la compatibilidad de los materiales de superficies de tipo slurry mediante los procedimientos Schulze-Breuer y Ruck,» 2013.
- [35] H. De Solminihac T., Gestión de infraestructura vial: Tercera edición, 3 ed., 2. Ediciones UC, Ed., 2018, p. 742.
- [36] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos».
- [37] J. L. Rodríguez Huaman, «Adición de virutas de acero para mejorar la losa de concreto en la av. Díaz Bárcenas - Abancay 2020,» Universidad Cesar Vallejo, Callao, 2020.
- [38] P. R. Guerra Chayña y C. E. Guerra Ramos, «Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible,» *Revista de Difusión cultural y científica de*

*la Universidad La Salle en Bolivia*, vol. 20, nº 20, pp. 121-140, 2020.

- [39] República del Perú, «Norma técnica de edificación CE.010 PAVIMENTOS URBANOS,» 210.
- [40] L. Portillo, A. Julián y M. Santana, «Fibras Naturales y Pigmentos: Teñido, Tejido y Diseño,» Guadalajara, 2019.
- [41] L. E. García Espinoza, «Efecto Del Porcentaje De Fibra De Carbono En Fibra De Vidrio Sobre La Resistencia A La Tracción Y Corte Cajamarca,» Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- [42] I. d. C. Díaz Pérez y A. Vega Aguilar, «Diseño de tanques de hormigón armado con barras de polímero reforzado con fibras de vidrio,» *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 42, nº 2, pp. 3-13, 2021.
- [43] M. P. Alvarado T, L. V. Álvarez H, J. L. Pinzón G y J. E. Becerra B, «Fibra de vidrio y sus diferentes aplicaciones en el sector constructivo de la ingeniería civil,» *L'esprit Ingénieux*, vol. 10, nº 1, pp. 86-110, 2021.
- [44] H. Vilcapoma, R. Ganoza, A. Bolaños, A. Tapia y A. Balarezo, «Uso de un poste y núcleo de fibra de vidrio compuesto fabricados con CAD / CAM para restaurar un diente,» *Revista Estomatológica Herediana*, vol. 29, nº 3, 2019.
- [45] J. G. Paredes Salinas y D. E. Torres Mesias, «Optimización (Doe-Mezclas) del material híbrido con refuerzos de fibra de abacá, fibra de cabuya y fibra de vidrio de matriz de resina epóxica y su incidencia sobre las propiedades mecánicas a flexión, tracción e impacto,» Universidad Técnica de Ambato, 2020.
- [46] J. E. Castillo Lopez, «Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente con adición de un 11 % por cenizas de cáscara de arroz,» Universidad San Pedro, Chimbote, 2019.
- [47] MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA, «METODO DE ENSAYO DE AZUL DE METILENO,» 2003.

- [48] UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CAÑAS, «DENSIDAD TOTAL (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO,» El Salvador.
- [49] A. Ferreyra y A. L. De Longhi, «Metodología de la investigación: I, Volumen1 Salud Ambiental,» Encuentro Grupo Editor, 2014, 2014.
- [50] H. Sánchez Carlessi, C. Reyes Romero y K. Mejía Sáenz, «Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística,» Universidad Ricardo Palma, Lima, 2018.
- [51] T. Otzen y . C. Manterola, «Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,» *International Journal of Morphology*, vol. 35, nº 1, pp. 227-232, 2017.
- [52] Universidad Señor de Sipan, «Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipan,» Pimentel, 2023.
- [53] J. Tanzadeh, M. Honarmand y A. F. Mirhosseini, «Performance Evaluation of Hybrid Fibers and Nano-Zeolite Modified Asphalt Micro-surfacing,» *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 48, nº 3, 2019.
- [54] R. Hafezzadeh y A. Kuvussi, «Application of microsurfacing in repairing pavement surface rutting,» *Road Materials and Pavement Design*, vol. 22, nº 5, pp. 1219-123, 2019.
- [55] A. Kavossi y r. darash , «Evaluation of the Role of Fibers in Performance of Microsurfacing Mixtures,» *Journal of Transportation Research* , 2022.
- [56] L. R. Sosa Vargas, «Pavimento con geosintéticos para mejorar la resistencia en la capa estructural de la avenida Tréboles provincia y distrito de Chiclayo – Lambayeque,» Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [57] J. L. Carlos Velásquez y P. A. Paredes Arévalo, «Estudio definitivo de la pavimentación en el AA.HH. Jorge Chávez en el distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, región Lambayeque,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019.
- [58] M. R. Mego Carrasco, «Diseño de infraestructura vial urbana del acceso principal y



calles del sector urbano Puerta de Chiclayo, distrito de Pomalca – Chiclayo,» Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2020.

- [59] A. F. Mundaca Nuñez, «Evaluación del pavimento rígido aplicando el método índice de condición del pavimento (PCI), en las calles del distrito de Chóchope, Lambayeque – Lambayeque,» Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [60] J. F. Olazabal Alberca y K. . L. Quiroz Flores, «Diseño de la pavimentación del sector comprendido entre Av. Perú – Av. Luis Takashasi – Ca. San Martín – Ca. 9 De Octubre – Av. Batangrande – Av. Tacna - Ca. José Olaya de la ciudad Ferreñafe, Distrito Ferreñafe, Provincia Ferreñafe, Departamento Lambayeq,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019.
- [61] K. E. Solis Burga y J. H. Vallejos Montenegro, «ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE UBICADO EN LA AV. CHINCHAYSUYO DEL TRAMO DEL PASEO YORTUQUE EMPLEANDO EL MÉTODO PCI Y PROPUESTA DE REHABILITACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,» Universidad Señor de Sipan, Pimentel, 2019.
- [62] P. W. N. V. Cabrera Calderon y J. d. I. R. Vidarte Mestanza, «Diseño de pavimento flexible Tramo KM 5+257 al km 3+560 Centro Poblado el Higo Distrito Pimentel - San José, Provincia de Chiclayo – Lambayeque 2019,» Universidad Cesar Vallejo, Pimentel, 2017.
- [63] M. P. Alvarado T, L. V. Álvarez H, J. L. Pinzón G y J. E. Becerra B, «Fibra de vidrio y sus diferentes aplicaciones en el sector constructivo de la ingeniería civil,» *L'esprit Ingénieux*, vol. 10, nº 1, pp. 86-110, 2021.

## ANEXOS

### Anexo 1 – Requerimientos para los agregados



#### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objetivo presentar los resultados del diseño de Micropavimento, además se presentan los resultados de laboratorio de los agregados que se han utilizado en la elaboración del mismo, los que han sido realizados de acuerdo al Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013-MTC.

#### 2. GENERALIDADES

Este trabajo consiste en una mezcla de una emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1h, agregado pétreos, agua, proporcionados, mezclados y uniformemente esparcidos sobre una superficie adecuadamente prepara, de acuerdo con estas especificaciones.

#### 3. ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

##### 3.1 REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla N°01: Requerimientos para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mín.
Azul de Metileno	AASHTO TP 57	8% máx.
Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 210	4 mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	1% máx.

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundario: María Fernández  
INGENIERO CIVIL  
REG. Nº 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250



E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

## Anexo 2 – gradación para micropavimento



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

### 3.2 GRADACIÓN

La gradación de la mezcla asfáltica deberá responder a alguno de los siguientes usos granulométricos.

Tabla N°03: Usos granulométricos especificados

Tipo	M-I	M-II	M-III	M-IV	Variación permisible en % del peso de los áridos
Tamaño del tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	
1/2" (12.70 mm)			100	100	
3/8" (9.50 mm)		100	100	85-98	
N°.04 (4.75 mm)	100	85-95	70-90	62-80	+5
N°.08 (2.36 mm)	85-95	62-82	45-70	41-61	+5
N°.16 (1.18 mm)	60-80	45-65	28-50	28-46	+5
N°.30 (0.60 um)	40-60	30-50	18-34	18-34	+5
N°.50 (0.30 um)	25-42	18-35	12-25	11-23	+4
N°.100 (0.15 um)	15-30	10-24	7-17	6-15	+3
N°.200 (0.075 um)	10-20	5-15	5-11	4-9	+2

### 3.3 MATERIAL BITUMINOSO

El material bituminoso a emplear será emulsión asfáltica modificada con polímeros que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto.

### 3.4 AGUA

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma, deberá estar comprendido entre 5.5 y 8.0 y el contenido de sulfatos no podrá ser superior a 3.000 ppm. En general. Se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundina Ortega Fernández  
ING. CIVIL  
R.S.G. C.P. 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).



## Anexo 3 – frecuencia de ensayos a realizar



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

### 3.5 FRECUENCIA DE ENSAYOS

Se hará control directo de las cantidades de agregados y asfalto que se mezclan, según las siguientes frecuencias:

Tabla N°06: Frecuencia de ensayos

Material o Producto	Ensayo	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar
Agregados	Granulometría	MTC E 204	150 m3	Pista
	Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	1000 m3	Cantera
	Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 220	1000 m3	Cantera
	Azul de Metileno	AASHTO TP 57	1000 m3	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150 m3	Cantera
Material Bituminoso	-----			Tanques al llegar a obra

Para determinar el contenido de asfalto se extraerá como mínimo 2 muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de peso aproximado de 2 kg cada una, las cuales empleará en la determinación del contenido de asfalto y la granulometría de los agregados. Este no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo en las del 0.5%.

## 4. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

### 4.1 RESULTADOS DE REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS

Tabla N°07: Resumen de las Propiedades del Agregado Grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado	Observaciones
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	9.12%	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.	23.1%	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	NP	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mín.	65%	Cumple
Azul de Metileno	AASHTO TP 57	8% máx.	3.67%	Cumple
Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 210	4 mín.	5	Cumple

SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
-----  
Secundino Buitrago Fernández  
ING. CIVIL  
REG. I.P.P. 169278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

## Anexo 4 – Pruebas de adherencia de los agregados



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

### 4.2 PRUEBAS DE ADHERENCIA EN LOS AGREGADOS

Se han desarrollado pruebas de adherencia en los agregados finos y gruesos, para el agregado fino de la mezcla de arenas mediante el procedimiento de ensayo de Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Riedel Weber) y para la mezcla de gravas mediante el ensayo de adherencia del agregado grueso.

Tabla N°09: Resumen de los ensayos de Afinidad entre agregados y bitumen.

Material	Dosis aditiva	Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado
Arena Chancada	0.5%	Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	Grado 4 mín.	Grado 5

### 4.3 RESULTADOS DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTO

Tabla N°06: Resultados de Exudación de Asfalto Mediante Rueda Cargada

Datos del ensayo						
Mezcla n°	Contenido de agua (%)	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de arena + mezcla + plato (g)	Exceso de asfalto (g/m <sup>2</sup> )	Especificación
1	10.0	9.5	412.8	413.7	101.0	<538g/m <sup>2</sup>
2		10.5	425.6	427.2	165.5	
3		12.0	445.8	448.4	234.9	
4		13.5	447.6	450.6	305.1	
5		15.0	451.1	454.8	405.0	

Tabla N°07: Ensayo de Desgaste por Abrasión en Ambiente Húmedo

Datos del ensayo					
Mezcla n°	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de mezcla ensayo + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m <sup>2</sup> )	Especificación
1	9.0	2581.5	2611.9	941.6	807 g/m <sup>2</sup> (maximo)
2	10.5	2674.9	2693.1	485.9	
3	12.0	2612.5	2621.8	268.2	
4	13.5	2645.5	2649.4	124.5	
5	15.0	2661.9	2663.0	61.0	

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC.  
 Secundario: Carlos Fernández  
 C.G. CIP: 163278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).



## Anexo 5 – Conclusiones y recomendaciones



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

Tabla N°08: Porcentaje Óptimo de Emulsión

Porcentaje óptimo de emulsión	
a) El contenido mínimo de pista húmeda (PH) (%)	10.30%
b) El contenido máximo por rueda cargada (RC) (%)	19.00%
c) Porcentaje óptimo de emulsión (%)	14.65%
d) Asfalto residual (%)	8.94%

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los agregados utilizados en el diseño de mezcla asfáltica, son procedentes de la cantera 'Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC) y cumplen con todos los requerimientos normativos.
- Los agregados gruesos y finos cumplen satisfactoriamente lo exigido en las especificaciones técnicas del proyecto.
- Cantidad optima de emulsión asfáltica: 14.65%, Rango de aplicación: 13.65% - 15.65% y Asfalto residual: 8.94%
- En volumen se podría dosificar en la relación de 1:3, (emulsión + agua: agregado seco).
- Para la preparación primero se deberá mezclar el agua con el agregado, una vez húmedo agregar la emulsión y mezclar hasta obtener una pasta uniforme.
- Los valores reportados son obtenidos en condiciones ideales de laboratorio.
- Los porcentajes de los materiales son expresados en relación al peso seco del agregado (arena). En condiciones de campo el diseño podría necesitar reajustes.
- La limpieza del material es de vital importancia, el cual limita la cantidad permisible de finos arcillosos en los agregados los cuales son perjudiciales

  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
ING. CIVIL  
Secundino Brachi Fernández  
REG. CIP. 189278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

## Anexo 6 – Recomendaciones



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

para la estructura del pavimento, por lo que se recomienda mantener limpio el material.

- Nuestra empresa de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C., no se responsabiliza si la planta chancadora no cumple con las proporciones del diseño y si cambian de beta o cantera se recomienda hacer una nueva combinación de agregados.
- Se recomienda extraer diariamente como mínimo una muestra de los agregados pétreos y dos de las mezclas, para verificar la uniformidad requerida del producto. Se podrá adoptar una nueva fórmula de trabajo, cuando los resultados fueran desfavorables o la variación de las condiciones de los materiales lo hagan necesario. De todas maneras, la formula será revisada cada vez que se cumpla una tercera parte de la meta física del proyecto.
- Durante la producción de mezcla asfáltica, será verificado mediante ensayos de laboratorio, a fin de verificar el cumplimiento de las proporciones del diseño.
- Se recomienda tener un técnico permanente en planta para garantizar que el producto llegue a obra en óptimas condiciones según las especificaciones técnicas.
- Se recomienda que en la planta mezcladora y en lugares de posibles incendios, es necesario que se use extintor de fácil acceso y uso del personal debidamente entrenado en la obra.
- Los trabajadores y operarios más expuestos al ruido, gases tóxicos y partículas deberán estar dotados con elementos de seguridad industrial y adaptada a las condiciones tales como: gafas, protectores de oído, protectores de gas y polvo, casco, guantes, botas y otro que se considere necesario.

SEMP  
SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
Secundino Suarez Fernandez  
REG. CIP. 189278

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

## Anexo 7 – Determinación del exceso de asfalto en mezclas con máquina de rueda cargada (LWT) – MTC – 418.


**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**DETERMINACION DEL EXCESO DE ASFALTO EN MEZCLAS CON MAQUINA DE RUEDA CARGADA (LWT) - MTC E 418**

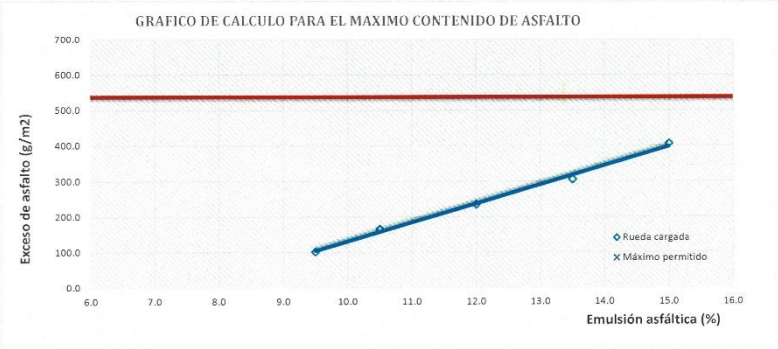
<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	: Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TÉC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

Datos del ensayo						
Mezcla n°	Contenido de agua (%)	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de arena + mezcla + plato (g)	Exceso de asfalto (g/m <sup>2</sup> )	Especificación
1	10.0	9.5	412.8	413.7	101.0	<538g/m <sup>2</sup>
2		10.5	425.6	427.2	165.5	
3		12.0	445.8	448.4	234.9	
4		13.5	447.6	450.6	305.1	
5		15.0	451.1	454.8	405.0	

**GRÁFICO DE CALCULO PARA EL MAXIMO CONTENIDO DE ASFALTO**



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**


*Domingo A. Casabianca Quiroz*

TÉCNICO DE LABORATORIO  
LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Secundino Blas Fernández*

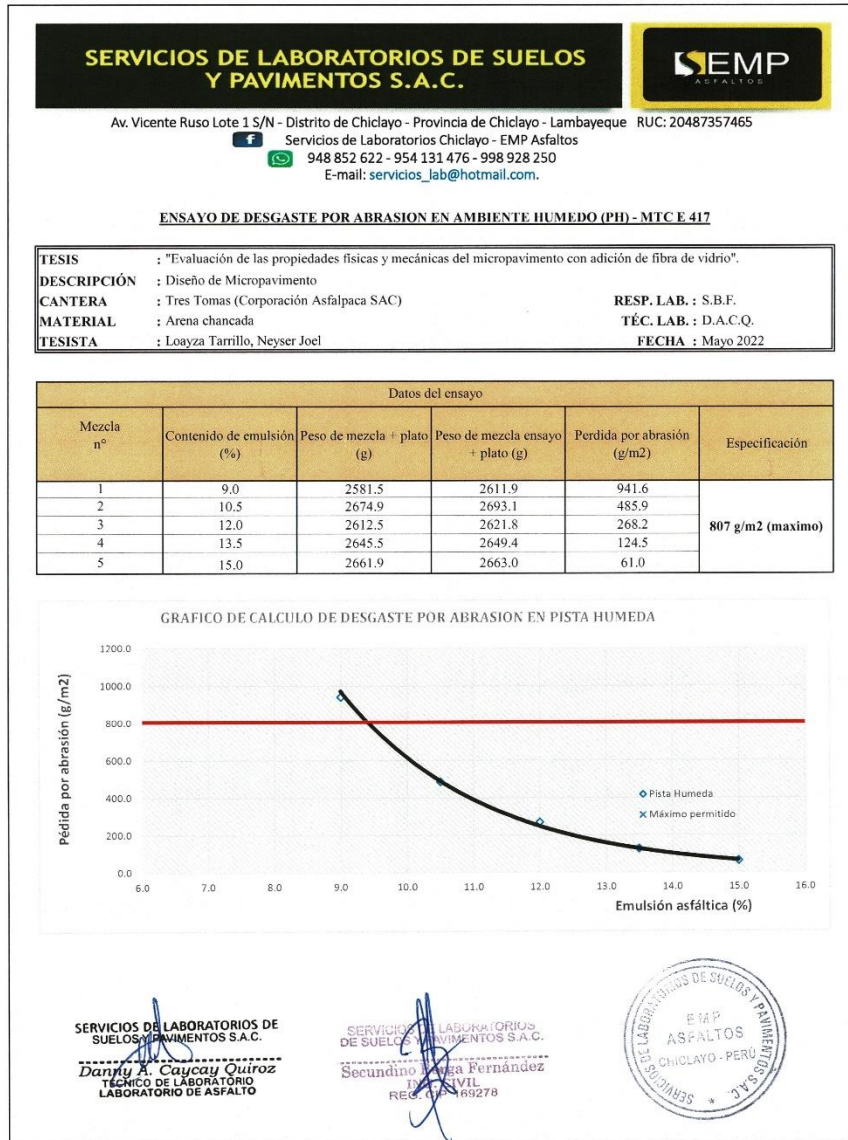
ING. CIVIL  
REG. N° 169273



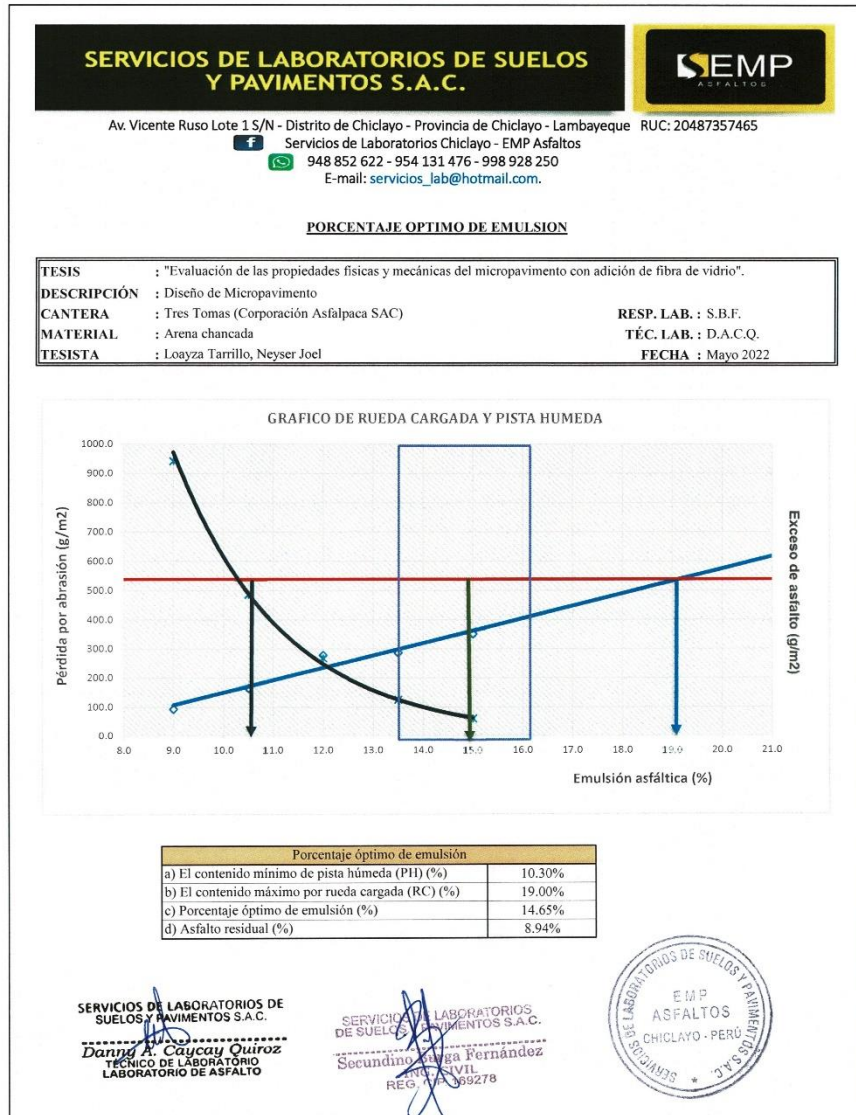


## Anexo 8 – Desgaste por absorción en ambiente húmedo (PH) – MTC E –

417.



## Anexo 9 – Porcentaje óptimo de emulsión



## Anexo 10 – Análisis granulométrico de agregados.

### SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

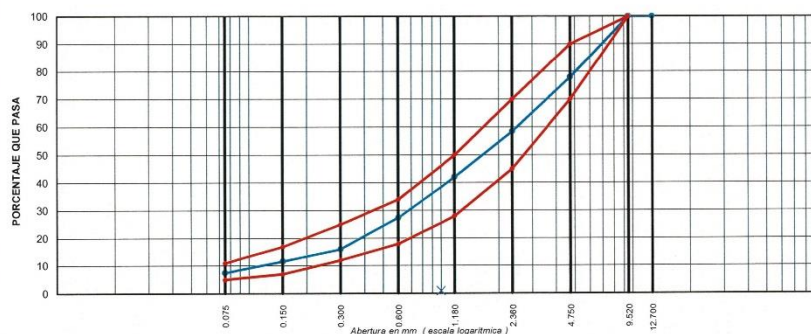
<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	: Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TÉC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

#### GRADACION "TIPO III"

##### DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO M-III	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3/4"	19.100						
1/2"	12.700						Peso Humedo <b>1000.0</b> gr
3/8"	9.520				100.0	<b>100</b>	Peso Seco <b>992.6</b> gr
Nº 4	4.750	132.5	22.1	22.1	77.9	<b>70</b>	Contenido de Humedad <b>0.75</b> %
Nº 8	2.360	116.9	19.5	41.6	58.4	<b>45</b>	Peso inicial seco <b>600.0</b> gr
Nº 16	1.180	98.5	16.4	58.0	42.0	<b>28</b>	
Nº 30	0.600	87.4	14.6	72.6	27.5	<b>18</b>	
Nº 50	0.300	68.5	11.4	84.0	16.0	<b>12</b>	
Nº 100	0.150	26.9	4.5	88.5	11.6	<b>7</b>	
Nº 200	0.075	24.5	4.1	92.5	7.5	<b>5</b>	
< 200	-	44.8	7.5	100.0			

#### REPRESENTACIÓN GRÁFICA



#### Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Danny A. Caycay Quiroz  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Fernández  
REG. C.O.P. 169278



## Anexo 11 – Gravedad específica y absorción de los agregados

### SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

#### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Diseño de Micropavimento		
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.:</b>	S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TEC. LAB.:</b>	D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA:</b>	Mayo 2022

#### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	300.0	300.0	
B	Peso Frasco + agua	675.1	678.2	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	975.1	978.2	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	861.5	864.5	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	113.6	113.7	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296.45	296.47	
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	110.1	110.2	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.610	2.607	2.609
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.641	2.639	2.640
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.694	2.691	2.692
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.198	1.191	1.194%

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Danny A. Caycay Quiroz*  
TECNICO DE LABORATORIO  
LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Secundina Angélica Fernández*  
INGENIERO CIVIL  
REG. O.C. 069278






## Anexo 12 – Durabilidad al sulfato de magnesio.

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO**  
(NTP 400.016, MTC E 209)

<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	: Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TEC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO								
FRACCION		GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida después del ensato (gr)	Perdida después del ensato (%)	Perdida corregida
PASA	RETIENE	Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
3/8"	N° 4							
N° 4	N° 8	116.90	29.4	100.0	90.5	9.5	9.5	2.79
N° 8	No° 16	98.50	24.7	100.0	91.5	8.5	8.5	2.10
N° 16	N° 30	87.40	21.9	100.0	90.5	9.5	9.5	2.09
N° 30	N° 50	68.50	17.2	100.0	91.5	8.5	8.5	1.46
N° 50	N° 100	26.90	6.8	100.0	89.9	10.1	10.1	0.68
N° 100	N° 200							
	< N° 200							
SUMA TOTAL		398.2	100					9.12

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


*Danny A. Cáycay Quiroz*

TECNICO DE LABORATORIO LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Secundino B. Baza Fernández*

INGENIERO CIVIL REG. CIVIL 69278




## Anexo 13 – Abrasión máquina de los ángeles.

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )**  
(NTP 400.019, MTC E - 207)

<b>TESIS</b> : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b> : Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b> : Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b> : Arena chancada	<b>TEC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b> : Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO					
TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				
1/2"	3/8"				
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				5000
<b>PESO TOTAL</b>					5000
<b>PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12</b>					3845
<b>PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO</b>					1155
<b>N° DE ESFERAS</b>					6
<b>PESO DE LAS ESFERAS</b>					2472
<b>TIEMPO DE ROTACIONES (m)</b>					15
<b>% DE DESGASTE</b>					23.1

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


*Danny A. Caycay Quiroz*

TECNICO DE LABORATORIO LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Torres Fernández

REC. G. 09278



## Anexo 14 – Límites de consistencia

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°40**  
(NTP 339.129, MTC E - 110, MTC E 111)

<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	: Diseño de Micropavimento		
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b>	: S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TEC. LAB.</b>	: D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b>	: Mayo 2022

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M-01		

DATOS DE ENSAYO			
<b>LIMITE LIQUIDO</b>			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			3.30
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
Nº DE GOLPES			
<b>LIMITE PLASTICO</b>			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
LL :	NP	LP :	NP
		IP :	NP

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

-----  
**Danny A. Caycay Quiroz**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 LABORATORIO DE ASFALTO

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


**Secundino Buzza Fernandez**  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP. 189278


## Anexo 15 – Equivalente de arena

### SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**SEMP**  
ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com).

#### EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339.146, MTC E 114)

<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	: Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfálpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TEC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

#### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

#### DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	10:26	10:28	10:30			
HORA DE SALIDA	10:36	10:38	10:40			
HORA DE ENTRADA	10:38	10:40	10:42			
HORA DE SALIDA	10:58	11:00	11:02			
ALTURA DE NIVEL						
MATERIAL FINO (A)	5.1	5.1	4.9			
ALTURA DE NIVEL						
ARENA (B)	3.3	3.3	3.2			
EQUIVALENTE DE						
ARENA (B x 100/A)	65.1%	64.3%	65.3%			
PROMEDIO:	65%					

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Danny A. Caycay Quiroz*  
TECNICO DE LABORATORIO  
LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Secundino María Fernández*  
INGENIERO CIVIL  
REG. Nº 169278





**Anexo 16 – Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales – ASSHTO TP 57.**



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES.**  
 (NORMA ASSHTO TP 57)

<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfálpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TEC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

DATOS DE LA MUESTRA	
<b>MUESTRA</b>	: M-01

DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA	1	2		PROMEDIO (mg/gr)
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (gr)	10.9	10.8	11.0	
AGUA DESTILADA (ml)	30.0	30.0	30.0	
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	40.9	40.8	41.0	
SOLUCION AZUL DE METILENO	0.5	0.5	0.5	
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	78.9	81.5	79.5	
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	3.62	3.77	3.61	3.67





Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Danny A. Caycay Quiroz  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 LABORATORIO DE ASFALTO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino B. Fernández  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. Nº 12878




**Anexo 17 – Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos  
(Procedimiento Riedel – Weber).**

<b>SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</b>				
Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios_lab@hotmail.com.				
<b>ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)</b> (MTC E 220)				
TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".				
DESCRIPCIÓN : Diseño de Micropavimento				
CANTERA : Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)		RESP. LAB. : S.B.F.		
MATERIAL : Arena chancada		TEC. LAB. : D.A.C.Q.		
TESISISTA : Loayza Tarrillo, Neysler Joel		FECHA : Mayo 2022		
DATOS DE LA MUESTRA				
MUESTRA : M-01				
DATOS DEL ENSAYO				
DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO O ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS	
AGUA DESTILADA		0	NULO	
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	NULO	PARCIAL: 5
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	TOTAL: 10
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
M/1	9	PARCIAL		
Observaciones :				
 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Danny A. Caycay Quiroz TÉCNICO DE LABORATORIO LABORATORIO DE ASFALTO		 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C. Secundino Maza Fernández INGENIERO CIVIL REG. Nº 1549278		
				

## Anexo 18 – Contenido de sales solubles en los suelos

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS  
 (NTP 339.152, MTC E 219)

<b>TESIS</b>	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento con adición de fibra de vidrio".	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	: Diseño de Micropavimento	
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas (Corporación Asfalpaca SAC)	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>MATERIAL</b>	: Arena chancada	<b>TEC. LAB.</b> : D.A.C.Q.
<b>TESISTA</b>	: Loayza Tarrillo, Neyser Joel	<b>FECHA</b> : Mayo 2022

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2	3	4	
(1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. ) Pyres	116.62	131.84			
(2) Peso Tarro + agua + sal	159.18	181.84			
(3) Peso Tarro Seco + sal	116.64	131.87			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.03			
(5) Peso de Agua ( 2-3 )	42.56	50.00			
(6) Porcentaje de Sal	0.05 %	0.06 %			0.05 %


**Observaciones :**

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE  
SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

*Danny A. Cayca Quiroz*  
TECNICO DE LABORATORIO  
LABORATORIO DE ASFALTO



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino E. Fernández  
ING. CIVIL  
REG. CH. 169278



## Anexo 19– Informe de control de calidad de emulsión catiónica de rotura

lenta.

		<b>INFORME DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIÓNICA DE ROTURA LENTA</b> <b>(CSS-1H)</b>				Revisión 01
		Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Página
LAB.		JP	GG	18/03/2022	1 de 1	
<b>CLIENTE: ADQUISICIONES SAN RAFAEL S.A.C.</b>				<b>N° DE INFORME:</b>	<b>320-2022</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO</b>		<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>		<b>N° DE ORDEN DE PRODUCCIÓN</b>		
18/03/2022		320-2022		320-2022		
<b>LOTE DE PRODUCCIÓN</b>		<b>TANQUE</b>		<b>FECHA DE REPORTE</b>		
320-2022-4.T		TK-1		18/03/2022		
ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN EG 2013 / ASTM D 2397		
				Mín.	Máx.	
Viscosidad Saybolt Furoil a 25°C (SFS)	MTCE 403	ASTM D 244	21.9	20	100	
Destilación Contenido de Asfalto Residual, %	MTCE 411	ASTM D 244	60.40	57	-	
Estabilidad de Almacenamiento, 24 hr, %	MTCE 404	ASTM D 244	0.20	1		
Prueba de tamiz N°20, %	MTCE 405	ASTM D 244	0.01	≤ 0.1		
Carga de Partícula	MTCE 407	ASTM D 244	Positivo	Positivo		
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO ASFÁLTICO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN EG 2013 / ASTM D 2397		
				Mín.	Máx.	
Penetración, 25°C (77°F), 100g, 5s, dmm	MTCE 304	ASTM D5	61	40	90	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTCE 306	ASTM D1113	> 100	40		
Solubilidad en Tricloroetileno, %	MTCE 302	ASTM D2042	99.6	97.5	-	
<b>CONCLUSIONES</b>						
1. Los Resultados solo corresponden a la muestra Analizada						
2. Producto dentro de especificaciones						
3. Se recomienda en caso de Almacenamiento prolongado de la Emulsion agitar frecuentemente						
4. Para uso de Imprimacion Asfáltica se recomienda Dosificar con Agua (Agua / Emulsion - 2:1 a 4:1)						
<b>ELABORADO POR (colocar nombre, cargo y firma):</b>  LUIS LLUEN DIAZ INGENIERO DE LABORATORIO DE PEA			<b>APROBADO POR:</b>   FRANCISCO C. CONDEIR DELGADO Gerente General MCV EMULCORP E.I.R.L.			



**Anexo 20 – Recolección de arena chancada.**



5 may. 2022 1:46:13 p. m.  
17M 641078 9267311

**Anexo 21 – recolección de arena zarandeada.**





Anexo 22 – Equivalente de arena.



Anexo 23 – Azul de metileno.





Anexo 24 – Mezcla en ensayo de azul de metileno

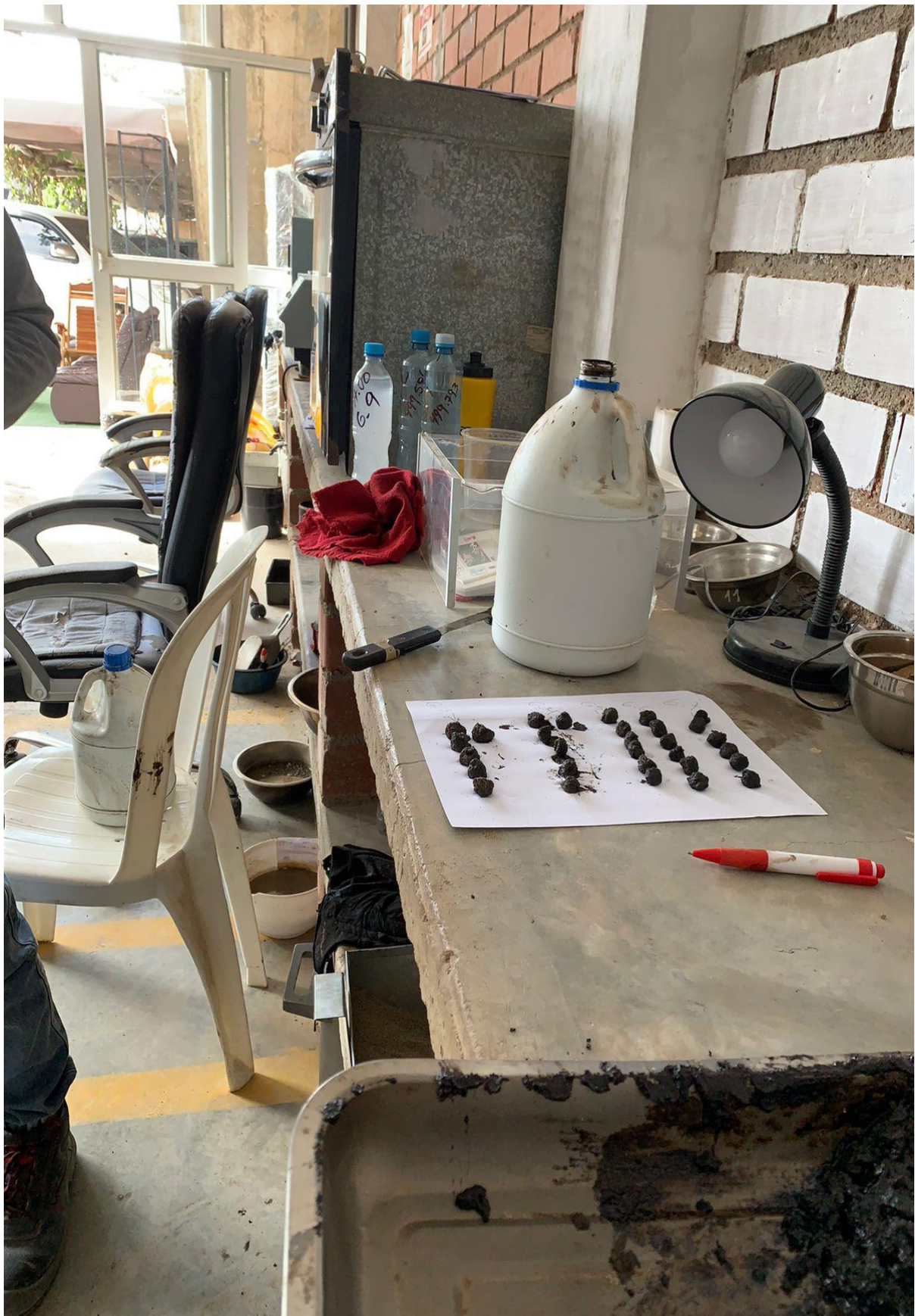


## Anexo 25 – Mezcla de emulsión con material fino





## Anexo 26 – Realización de esferas de 0.5g





**Anexo 27 – Análisis de adherencia riedel weber en tubos de ensayo**



## Anexo 28 – Realización de briquetas





## Anexo 29 – Compactación de briquetas en martillo Marshall



### Anexo 30 – Briquetas realizadas para simulación





**Anexo 31 – Resultados de sellado en briquetas con el micropavimento.**





**Anexo 32 – estabilidad flujo en prensa Marshall de briquetas selladas.**

