



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

## **TESIS**

**APLICACIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO PARA MEJORAR  
LA RESISTENCIA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO EN  
EL DISTRITO DE SAMEGUA-2022**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER CRISTHIEL FIORELLA FLORES AVALOS**

**ASESOR:**

**MGR. RUTH MERCEDES JINES CABEZAS**

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

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2023**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Página de jurado .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido .....	iv
CONTENIDO DE TABLAS.....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS .....	x
CONTENIDO DE ECUACIONES .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCION .....	xiv

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2. Definición del problema .....	3
1.2.1. Problema general. ....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos. ....	4
1.4. Justificación .....	4
1.5. Alcances y limitaciones .....	6
1.5.1. Alcances.....	6

1.5.2. Limitaciones.....	6
1.6. Variables .....	6
1.6.1. Operacionalización de variables. ....	6
1.7. Hipótesis de la investigación .....	7
1.7.1. Hipótesis general.....	7
1.7.2. Hipótesis específicas.....	7

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales. ....	11
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. Resistencia de las mezclas asfálticas. ....	14
2.2.2. Mezclas asfálticas en frío.....	15
2.2.3. Filler.....	15
2.2.4. Agregados. ....	16
2.2.4.1. Agregados finos.....	17
2.2.4.2. Agregados gruesos.....	17
2.2.5. Análisis granulométrico.....	18
2.2.6. Ensayo de peso unitario. ....	19
2.2.7. Fibras de polietileno.....	19
2.2.8. Ensayo marshall.....	20
2.2.9. Gravedad específica neta del agregado.....	20

2.2.10. Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica. ....	21
2.2.11. Porcentaje de vacíos llenos de asfalto. ....	22
2.2.12. Polígono de vacíos. ....	22
2.2.13. Polígono de vacíos para mezclas asfálticas. ....	23
2.2.14. Diseño de mezcla lottman. ....	24
2.2.14.1. Gráfico carga-deformación de lottman. ....	24
2.2.14.2. Diagrama de distribución de tensiones. ....	25
2.2.15. Emulsión asfáltica. ....	26

### **CAPÍTULO III**

#### **MÉTODO**

3.1. Tipo de la investigación. ....	27
3.2. Diseño de la investigación. ....	27
3.3. Población y muestra. ....	28
3.3.1. Población. ....	28
3.3.2. Muestra. ....	28
3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos. ....	28
3.4.1. Técnicas. ....	28
3.4.1.1. Técnica documental. ....	29
3.4.1.2. Técnica de campo. ....	29
3.4.2. Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos. ....	29
3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos. ....	29
3.4.4. Muestreo. ....	29
3.4.5. Confiabilidad. ....	30

3.4.5.1. Prueba de alfa de cronbach. ....	30
---	----

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Presentación de resultados .....	33
4.1.1. Ubicación del proyecto. ....	33
4.1.2. Resumen de resultados de objetivos. ....	34
4.1.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con emulsión (método áreas equivalentes). ....	34
4.1.2.2. Propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polietileno. ....	35
4.1.2.3. Diseño de mezcla asfáltica. ....	35
4.1.2.4. Resistencias máximas de las muestras por ensayo marshall. ....	35
4.1.2.5. Resistencias máximas de las muestras por ensayo lottman. ....	37
4.1.2.6. Costos unitarios entre ambas mezclas asfálticas. ....	38
4.2. Contrastación de hipótesis .....	39
4.2.1. Hipótesis específica n°01. ....	39
4.2.2. Hipótesis específica n°02. ....	39
4.2.3. Hipótesis específica n°03. ....	42
4.3. Discusión de resultados .....	43

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	45
5.2. Recomendaciones .....	46

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	55
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	56

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	7
Tabla 2. Prueba de Alfa de Cronbach .....	31
Tabla 3. Cuadro de confiabilidad alfa de Cronbach.....	32
Tabla 4. Cuadro de propiedades físicas y mecánicas para mezcla asfáltica .....	34
Tabla 5. Cuadro de propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polietileno.	35
Tabla 6. Cuadro de diseño de mezcla asfáltica .....	35
Tabla 7. Resistencias máximas de las muestras por ensayo Marshall .....	35
Tabla 8. Resistencias máximas de las muestras por ensayo Lottman .....	37
Tabla 9. Porcentajes de costo .....	38
Tabla 10. Adiciones y estabilidad promedio.....	39
Tabla 11. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales .....	40
Tabla 12. Adiciones vs costo por metro cubico .....	42

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Filler mineral.....	16
Figura 2. Fibras de polietileno.....	20
Figura 3. Ensayo Marshall .....	20
Figura 4. Polígono de vacíos .....	23
Figura 5. Polígono de vacíos para mezclas asfálticas .....	23
Figura 6. Ensayo Lottman .....	24
Figura 7. Curva carga-deformación resultante del ensayo de tracción indirecta ..	25
Figura 8. Distribución de tensiones teórica sobre los planos diametral y vertical	25
Figura 9. Emulsión asfáltica.....	27
Figura 10. Ejemplo de población, unidad de análisis y muestra .....	30
Figura 11. Ubicación del proyecto .....	33
Figura 12. % de adición y estabilidad Marshall .....	36
Figura 13. Histograma de adiciones de fibra.....	36
Figura 14. % de adición y estabilidad Lottman.....	37
Figura 15. Histograma de adiciones de fibra.....	38

## CONTENIDO DE ECUACIONES

	<b>Pág.</b>
Ecuación 1. Gravedad específica neta del agregado .....	21
Ecuación 2. Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica .....	22
Ecuación 3. Porcentaje de vacíos lleno de asfalto.....	22
Ecuación 4. Tensión horizontal.....	26
Ecuación 5. Tensión vertical .....	26
Ecuación 6. Tensión tangencial en el eje X .....	26
Ecuación 7. Tensión tangencial en el eje Y .....	26
Ecuación 8. Coeficiente de Alfa Cronbach .....	31

## RESUMEN

La presente investigación propone nuevas metodologías económicas y técnicas con el fin de perfeccionar una mezcla asfáltica en frío, en el presente caso con emulsión asfáltica, teniendo en cuenta para esta tesis 09 adiciones las cuales son de 0%, 0.12%, 0.25%, 0.50%, 1%, 1.50%, 2%, 2.50%, 3% (pastillas asfálticas), las cuales se sometieron a tracción indirecta por el método Lottman y a compresión por el Método Marshall. Se elaboraron 144 pastillas y se realizó el análisis estadístico donde se demostró que a mayores adiciones la resistencia de estabilidad tiene un incremento exponencial. Teniendo en cuenta como primer objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno, el segundo realizar el diseño de mezcla asfáltica con el método Marshall y Lottman para determinar dosificaciones y resistencias máximas de las muestras y el tercero comparar los costos unitarios entre ambas mezclas asfálticas (tradicional versus un asfalto mejorado con fibras de polietileno). Finalmente se cumplió con el análisis de objetivos y estadística con la cual se demostró que la fibra en la aplicación de mezcla asfáltica si es técnicamente eficiente.

*Palabras clave:* tracción, fibra de polietileno, Marshall, Lottman.

## **ABSTRACT**

The present investigation proposes new economic and technical methodologies in order to perfect a cold asphalt mix, in the present case with asphalt emulsion, taking into account for this thesis 09 additions which are 0%, 0.12%, 0.25%, 0.50 %, 1%, 1.50%, 2%, 2.50%, 3% (asphaltic tablets), which were subjected to indirect traction by the Lottman method and compression by the Marshall Method. 144 pills were elaborated and the statistical analysis was carried out where it was broken that with greater additions the stability resistance has an exponential increase. Taking into account as the first objective to determine the physical and mechanical properties of the components of the asphalt mix with polyethylene fibers, the second to carry out the asphalt mix design with the Marshall and Lottman method to determine dosages and maximum resistance of the samples and the third compare the unit costs between both asphalt mixtures (traditional versus an asphalt improved with polyethylene fibers). Finally, the analysis of objectives and statistics was fulfilled, with which it was shown that the fiber in the application of asphalt mix is technically efficient.

Keywords: traction, polyethylene fiber, Marshall, Lottman.

## INTRODUCCION

A nivel mundial para lograr destacar en un país se debe tener en cuenta los factores económicos, sociales y ambientales. Un aspecto fundamental es el económico donde la construcción de vías permite la comunicación entre localidades, así como el transporte de materia prima e insumos para las diversas poblaciones o distritos, donde la construcción de éstas ofrece una mayor comodidad para los conductores, así como un menor tiempo de traslado de productos.

En nuestro país podemos observar que la mayoría de carreteras están compuestas de un pavimento asfáltico que con el pasar del tiempo se deteriora, por lo que se busca mejorarlo con la combinación de diversos materiales que encontramos en la naturaleza; ya que con ello se podría alcanzar un mayor periodo de vida y así evitar el constante mantenimiento a las capas del pavimento como son la capa de rodadura, la base del pavimento y la sub base de la vía.

Debido a la investigación y al avance de la tecnología, es que cada día se van estudiando las diversas propiedades que poseen los materiales con los cuales se busca poder innovar en la construcción de vías y es en donde nosotros encontramos una variedad de elementos con los cuales se busca la mejora y calidad de construcción, encontramos el uso de pavimento reciclado, la adición de cemento portland para la capa base del pavimento y sub base del mismo, el uso que le dan a la escoria para la capa de

rodadura, el biocarbón como gran reductor de calor en pavimentos, el uso de geotextiles en capas, fibras de polietileno en mezcla asfáltica, entre otros.

Centrándonos en la mezcla asfáltica, tenemos distintos diseños en donde se determina la cantidad de agregados como el contenido de asfalto a utilizar. En este caso para mejorarlo se plantea el uso de fibras de polietileno, el cual posee diversas propiedades que son beneficiosas para el pavimento, ya que ampliará la resistencia a la abrasión como también al impacto que haya sobre ella, aparte de reducir la fisuración, por lo que su uso en la mezcla haría que el pavimento pueda ser más durable frente a los cambios de temperaturas en el distrito de Samegua

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

Las carreteras que observamos alrededor de nuestra vida vienen a ser la principal fuente de comunicación hacia distintos lugares, ya sean cercanos o muy lejanos. En nuestro país podemos encontrar tanto zonas rurales como son las trochas carrozables, así como las zonas urbanas, las cuales han pasado por varios estudios, así como el análisis del clima y condiciones del tráfico, para lograr un diseño eficiente de un pavimento, con el fin de brindar una mejor calidad en el entorno, una menor contaminación para los peatones y a su vez dando seguridad para los conductores que transitan por la misma. Es por ello que el tema central de esta investigación será el análisis de las vías en el distrito Samegua.

En tal sentido de acuerdo a la realidad mencionada no se evidencia a día de hoy un método de análisis y diseño para pavimentos flexibles que se encuentre basado en

una teoría propia y similar, en donde se indique las circunstancias de trabajo más influyentes en el comportamiento final. Sin embargo, para esto se analiza los criterios esenciales que establece el uso de materiales de distinta índole dentro de la estructuración general y el predominio de las características geotécnicas que ofrecen los materiales en conjunto.

Las carreteras están compuestas de diferentes tipos de materiales, algunos de mayor y menor calidad, para lo cual deben ser evaluados antes de ser utilizados en obra. Para poder determinar este punto debemos tener en cuenta los ensayos de laboratorio. De acuerdo a la normativa, debemos tener en cuenta los estudios de suelos para que nuestra carretera tenga una vida útil y más amplia. Un tema fundamental en la construcción es el presupuesto que se le da a una obra y en Perú se realiza mayormente la elaboración de mezclas asfálticas en frío porque son de menor costo.

Pero si analizamos a grandes rasgos, determinamos que mayormente o se realiza un errado diseño o mal proceso constructivo por lo que las vías se dañan, no duran y se producen fallas en el pavimento como son: fisuras longitudinales, fisuras transversales, agrietamiento, piel de cocodrilo, ahuellamiento, huecos, etc. Y al realizar el mantenimiento las calles resultan llenas de parches y bacheos; para lo cual se debe dar un mayor énfasis al proceso constructivo y métodos para brindar diseño de mezcla asfáltica adecuado.

Es por ese motivo que gracias al uso de fibras de polietileno en mezclas asfálticas en frío se plantea un desgaste menor y una duración mayor del pavimento, ya que éste es un material que aumenta la resistencia que hay en el pavimento por abrasión e impacto, disminuye la permeabilidad, aminora la fisuración por asentamiento, un mejor comportamiento a tensión y es más durable por lo que gracias a las características que posee, hace ver que éste material es adecuado y necesario para una carretera porque va a protegerla de la mayoría de riesgos que podría presentarse en ella.

## **1.2. Definición del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Será la solución la aplicación de fibras de polietileno en la mejora de la resistencia de mezcla asfáltica en frío en el distrito de Samegua?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

¿Cómo serán las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno?

¿Cuál será la metodología adecuada de diseño de mezcla asfáltica con fibras de polietileno?

¿Cómo será la comparación de costos entre un asfalto tradicional versus un asfalto mejorado con fibras de polietileno?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Aplicar las fibras de polietileno para mejorar la resistencia de mezclas asfálticas en frío en el Distrito de Samegua 2022.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno.

Realizar el diseño de mezcla asfáltica con método Marshall y Lottman para determinar dosificaciones y resistencias máximas de las muestras.

Comparar los costos unitarios entre ambas mezclas asfálticas (tradicional versus un asfalto mejorado con fibras de polietileno).

### **1.4. Justificación**

La justificación económica que se presenta en este plan de tesis se basa en el uso de mezcla asfáltica ya que ésta tiene diversas características como son la resistencia estructural por lo que soporta un volumen pesado de tránsito, brinda confort a sus pasajeros debido a su naturaleza y flexibilidad y principalmente por lo que se evita mantenimientos prematuros pudiendo así eludir sobrecostos en dichos mantenimientos.

La justificación técnica vendría a ser la mejora al pavimento utilizando fibras de polietileno en la mezcla ya que al aumentar la resistencia de abrasión brindaría un mayor tiempo de duración; además de mejorar las metodologías de diseño de pavimentos no convencionales aplicadas al distrito de Samegua.

La justificación social es aumentar la comodidad en la circulación vehicular y a brindar seguridad del conductor ya que, con una buena conservación del pavimento, reducir el costo en mantenimiento de vías ya que el pago de impuesto de los pobladores es el que se considera para obtener unas vías adecuadas para el tránsito. Con ello se busca perfeccionar la comunicación entre ciudades, distritos y centros poblados, pero para ello debe realizarse en primer lugar una evaluación funcional al pavimento y luego una evaluación estructural con el fin de reemplazar un mantenimiento constante y poder construir vías más eficaces con el uso este material más resistente y durable.

Para la justificación ambiental se presenta una solución económicamente más adecuada ya que reduce la emisión contaminante de (CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>) lo que aporta a mitigar el efecto invernadero. Son grandes aislantes acústicos por lo que son ideales en construcción. Por último, se puede resaltar que las fibras de polietileno son inofensivas, por lo que no sufren degradación y por ello no contaminan el aire, suelo y aguas subterráneas. Y asimismo fomentar la cultura de cuidado del medio ambiente puesto que la emulsión asfáltica no tiene solventes como gasolina, nafta y otros.

## **1.5. Alcances y Limitaciones**

### **1.5.1. Alcances.**

Esta investigación propone realizar un estudio de forma experimental donde se pueda definir de acuerdo a la metodología MARSHALL con norma AASHTO T225 y LOTTMAN con norma AASHTO T283 las propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polietileno en la mezcla asfáltica, y que éstas al mezclarse se pueda conseguir un asfalto durable y resistente frente a los cambios climáticos del distrito.

### **1.5.2. Limitaciones.**

Las limitaciones de la tesis es que no existen muchos antecedentes locales de investigación ni parámetros que puedan validar dichos ensayos, debiéndose diseñar modelos de control de mezclas asfálticas con fibra. Además, se limita que solo se va a aplicar a mezclas asfálticas en frío para el distrito de Samegua.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Operacionalización de variables.**

Para la operacionalización de variables se tiene 02 variables, donde la variable independiente son las fibras de polietileno y la variable dependiente viene a ser la resistencia de la mezcla asfáltica.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento de medición</b>
<b>(Independiente)</b> Fibras de Polietileno	% de adiciones.	- Ensayo de propiedades de transmisión térmica. - Absorción de agua.	Determinado por los ensayos de laboratorio.
<b>(Dependiente)</b> Resistencia de mezcla asfáltica	Resistencias en kg/cm.	- Granulometría por tamizado de agregados. - Ensayo Marshall - Ensayo Lottman	Especificaciones técnicas para el diseño de pavimento.

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.1. Hipótesis general.**

Con la adición de fibras de polietileno se incrementará la resistencia de la mezcla asfáltica.

### **1.7.2. Hipótesis específicas.**

Las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno cumplen con las normas de diseño.

Con la metodología Marshall y Lottman se determinan las dosificaciones y resistencias máximas.

El costo unitario de una mezcla mejorada con fibras de polietileno, es más costoso sin embargo la resistencia se incrementa.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

Berrío (2017), tenemos la tesis “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo”, tiene como objetivo principal poder desarrollar un diseño de mezcla asfáltica incorporando polietileno como agregado constitutivo. El experimento se realizó de acuerdo al análisis de las mezclas con adición de PET desde poder determinar parámetros volumétricos, así como también una prueba de estabilidad, flujo y los ensayos de módulo resiliente y deformación plástica en pista. Para el PET triturado se utilizó técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectrometría por dispersión de rayos X (EDS). Para este punto se optó como válido que el PET se distribuye y se adhiera al ligante, haciéndolo más durable entre las partículas del agregado mineral. Como conclusión obtenemos que este desarrollo es viable para la elaboración de proyectos de infraestructura vial, teniendo en cuenta la gran importancia a la sostenibilidad ambiental ya que podrían emplear 73.000 botellas de PET por kilómetro de pavimento que será construido.

Coicue y Sepulveda (2017), tenemos el proyecto de grado “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19”, tiene como objetivo principal realizar la evaluación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica variada con un desecho de polietileno de baja densidad que vinieron a ser trozos de bolsas plásticas, la cual fue comparada con una mezcla asfáltica tipo MDC-19 considerando el ensayo Marshall y con ello poder verificar estructuralmente los beneficios que podría brindar. El siguiente proyecto muestra que de acuerdo al sector de los ingenieros civiles y en el campo del diseño de pavimentos, se están realizando estudios para extender la vida útil de los pavimentos, explorando alternativas de autonomía interconectada. En relación al desarrollo de novedosas metodologías en la construcción de carreteras. Su principal componente es la reutilización de materiales, generando residuos artificiales. En la mayoría de los exámenes de campo del asfalto, se utilizan diferentes polímeros.

Marcillo (2018), en el proyecto de investigación “Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden”, tiene como objetivo principal analizar el desempeño de la mezcla asfáltica modificada incluyendo la adición dosificada de polímeros (plástico reciclado). En el siguiente trabajo explica el proceso en el que se obtiene asfalto modificado con el uso de plástico polietileno reciclado. Se utilizó el método Marshall, en el caso de mezcla asfáltica mediante vía seca se incorporó el 1%, 2% y 3% de acuerdo al peso que contiene el árido. Al reemplazar los agregados por una parte se realizaron varias pruebas de gravedad específica máxima teórica, densidad

de la mezcla asfáltica, densidad Bulk y porcentaje de vacíos de los agregados compactados para evaluar las mezclas asfálticas. Para ello se hizo un análisis para comparar la Estabilidad y el Flujo de mezcla de acuerdo a los porcentajes ya dados. Con los resultados conseguidos se define que la estabilidad más conveniente de mezcla modificada se da al 6.10% de cemento asfáltico y añadiéndole un porcentaje de 3% de plástico polietileno reciclado. Finalmente se puede concluir la mejora en la durabilidad y deformaciones producida por cargas de tráfico lo cual disminuye los plazos de mantenimiento y se amplía a posteriores investigaciones con este material.

Ortiz (2017) desarrolló la tesis titulada “Mezclas asfálticas en caliente adicionado tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall”. Teniendo como objetivo principal poder comparar las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica convencional con otra mezcla asfáltica con adición de tereftalato de polietileno (PET) como agregado, para las mezclas asfálticas en caliente. El trabajo final de este estudio se basa en un análisis teórico práctico para poder evaluar las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas utilizando el método Marshall; El tamaño de partícula de clase E en la Sección 400 del Libro Verde sumando el porcentaje de tereftalato de polietileno total (PET), estimado por referencia a la cantidad de agregado. Además, se ha verificado que los áridos usados en el diseño de la mezcla se encuentran en excelentes condiciones, teniendo en cuenta los procedimientos establecidos y las especificaciones que están en la normativa ASSHTO y ASTM.

Parra (2018) en la tesis titulada “Sustitución parcial del asfalto en una mezcla para pavimento a base de polímeros reciclados”. Tiene como objetivo principal busca explorar los beneficios que brinda el poliestireno para utilizarlo como aglutinante de forma rentable, eficiente y también dándole el adecuado cuidado al medio ambiente, además de ser capaz de sustituir el asfalto. Menciona Las carreteras cumplen un papel importante para que las personas y bienes logren transportarse, pero esto ocasiona impactos ambientales severos, ya sea por técnicas y proceso constructivo, así como para elaborar mezclas asfálticas las cuales incrementan la contaminación del aire por los gases. El material es reciclado, éste presenta muchos beneficios de acuerdo a las pruebas en laboratorio y a lo que indica las normas AAHSTO y ASTM; por lo que se decidió sustituir en un 100% el asfalto, ya que aumenta la tensión y compresión, aparte de que brinda resistencia a la deformación y agrietamiento del pavimento. La conclusión a la que se puede llegar es que se puede disminuir la contaminación y la producción de gases con éste nuevo material en obra.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Mendez (2020) donde se presenta la tesis “Influencia de la dosificación de fibras de polietileno tereftalato sobre el índice de CBR y compresión simple de un suelo arcilloso aplicado a sub rasantes”, donde se tiene el objetivo principal de poder precisar la influencia de la dosificación de las fibras de Polietileno (PET) sobre la resistencia a la compresión, índice de CBR para suelos arcillosos que se aplican a Sub rasante. Para la siguiente tesis se realizaron experimentos de caracterización de suelos (Análisis de gránulos por tamiz y nivelación según norma NTP 339.128,

humedad natural del suelo según norma NTP 339127, Densidad según norma NTP 339.128 NTP 339.131, se determinó la materia orgánica según norma ASTM D 2974 , límite de densidad según NTP 339.129 y clasificación de suelos según para SUCS y AASHTO), y luego se elaboró una prueba de compresión utilizando el Proctor Test Standard, para obtener el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad de compresión. Después de eso, se realizaron pruebas simples de índice de presión y CBR. Para ambos, se realizaron 3 réplicas de los estándares y las muestras se combinaron con fibras de PET en 4 proporciones diferentes (0,2, 0,5, 1 y 1,5%). Después de las pruebas, se concluyó que al utilizar fibras de PET, la resistencia máxima a la compresión y la CBR aumentaron a los valores más altos, como 1,49 kg/cm<sup>2</sup> a presión simple y 35,37 % de CBR en ambos casos cuando el sol contiene 1,5 % de PET.

Navarro (2017) tenemos la tesis “Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET”, se tiene el objetivo principal el de fabricar una mezcla asfáltica en caliente añadiendo PET que permita poder precisar la Estabilidad y Flujo para pavimentos flexibles, asumiendo la elaboración de muestras de tres tomas. Por lo tanto, en este proyecto se analizará la preparación de mezcla asfáltica con adición de PET, analizando la factibilidad, comportamiento y respuesta del PET con el material muestra, y este estudio apunta al objetivo propuesto de utilizar una mejor opción que se extienda su ciclo de vida y ahorra el costo de mejora y alta rehabilitación.

Pablo (2018) donde tenemos la tesis “Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en la ciudad de Cerro de Pasco - 2017”, en donde su objetivo principal es obtener la influencia de las fibras de Polietileno adicionado al concreto en el diseño de pavimentos. Esta investigación tiene como fin perfeccionar las propiedades que tiene el concreto con adicionado de fibras de polietileno producido por botellas de plástico, con lo cual se verificará el mejor diseño de concreto ya que soportará todas las cargas las cuales se transmitirán al suelo. Se realizaron los ensayos con concreto FC' 280 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a la ACI-211, donde se elaboraron diseños por cuatro veces con dosis variadas de plástico. Por medio de briquetas cilíndricas a compresión y vigas a flexión teniendo en cuenta la normativa ASTM, MTC y NTP. Con los resultados que se obtiene se determina las propiedades mecánicas como beneficiosas, como es el Módulo de Rotura del Concreto (Mr), obteniendo un espesor inferior de losa proveniente de ser una opción ecológica y económica.

Puente (2020) tenemos la tesis titulada “Análisis técnico – económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas”, donde el objetivo principal es analizar las mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para carreteras asfaltadas. Donde se realizó la investigación por método científico y el tipo de investigación es aplicada. Se consideró una población de 100 ejemplares de mezcla asfáltica modificada con escamas de PET de botellas de plástico. Como conclusión se obtuvo un desempeño durable y adecuadamente estructural, además que no se alteró su costo al momento

de construir carreteras con un contenido ideal de 1% de escamas de PET de acuerdo al agregado fino.

Quispe y Taipe (2020), nos muestra la tesis titulada “Adición de la fibra de polietileno tereftalato en pavimento rígido en la provincia de Angaraes - Huancavelica”, que tiene como objetivo el de obtener la Influencia de la fibra de polietileno para pavimento rígido en Huancavelica. Esta tesis presenta un estudio sobre la adición de fibras de tereftalato de polietileno (PET) sobre un pavimento de acero de 350 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia utilizado en el departamento de Angaraes en la región de Huancavelica, asimismo como el efecto del contenido de fibras durante la compresión y tracción. sucumbir a un análisis estadístico de los valores que se obtuvieron en los resultados finales.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Resistencia de las mezclas asfálticas.**

Una mezcla asfáltica tiene una resistencia la cual se mide en relación con la estabilidad del proceso de abrasión y la alteración que ocasiona la aplicación de una carga externa. Diversos estudios a la resistencia que se encuentran en las mezclas asfálticas y verificando que la composición general es de primordial importancia en dicha mezcla, se debe a la relación que encierra la resistencia al arrugamiento de la resina. La forma, la cual puede medirse mediante pruebas de seguimiento de la rueda, por lo que la resistencia del asfalto depende principalmente del grado angular del agregado (Mera, 2019, p. 30).

Los componentes naturales de las mezclas asfálticas son materiales granulares y betún. El proceso de fabricación se realiza en las fábricas designadas para los mismos o en algunos casos se puede preparar la mezcla en el mismo lugar donde se aplicará. La Prueba Marshall se utiliza para verificar la estabilidad, tensión y densidad del asfalto propuesto. (Mera, 2019, p. 41).

### **2.2.2. Mezclas asfálticas en frío.**

Para este caso se combina la mezcla de uno o más agregados pétreos junto a la emulsión asfáltica y agua. Para este estado la emulsión asfáltica está menos viscosa y la mezcla más trabajable y compacta. Mientras que la emulsión rompe mientras que el agua evapore, la mezcla en frío logra mayor resistencia. La mezcla en frío tiene capacidad portante, es por ello que se considera como un gran aporte estructural. La trituración se realiza para el agregado grueso y para los agregados finos vienen de una mezcla de arenas y trituración, las cuales ofrecen mayor trabajabilidad de mezcla. Son adecuadas para vías urbanas donde las temperaturas no deben ser menores da 20°C ni mayores a 40°C. (Muñiz y Ramos, 2013, p. 50).

### **2.2.3. Filler.**

En una mezcla asfáltica, los diferentes elementos o agregados se combinan para crear una adherencia adecuada para aumentar la dureza del material. Se considerará como filler a la sustancia finamente dividida que contiene propiedades necesarias que afectarán el trabajo interno a la mezcla, tales como su tamaño, forma y mineralización. El aumento de la carga mineral sobre el asfalto es uno de los determinantes que se realizan para mejorar sus diversas propiedades, mientras que el deterioro sobre las capas asfálticas se debe a una inadecuada compactación del

mismo recubrimiento. Uno de los determinantes relevantes en una mezcla asfáltica son los minerales de aportación, por lo que es muy importante tener una indicación de los minerales que componen la aportación, permitiéndonos conocer su efecto sobre la dureza de la mezcla. Es de vital importancia saber la variabilidad en el tamaño y forma de las subpartículas, dividiéndolas en tamices de diferentes diámetros. Esto provocará ligeros cambios en la dureza del betún que serán relevantes durante el análisis. (Clam desarrollo, 2022).

**Figura 1**

*Filler mineral*



*Nota:* Clam desarrollo (2022)

#### **2.2.4. Agregados.**

El agregado es un grupo de porciones de origen natural. Éstas se diferencian por tamaños, con hormigón de agua o cemento. Estos factores afectan seriamente la frescura y el endurecimiento de la mezcla de concreto y deben transportarse y almacenarse de manera que se evite la separación y contaminación y se deben preservar sus propiedades. Mide las moléculas de cada una de sus partes para que "se mezclen en la mezcla". Según las especificaciones estándar. (Concretos SUPERMIX, 2021).

Los agregados vienen a ser materiales que están embebidos por diversos aglomerados como son sal, cemento y con agua conforman lo que son los concretos y morteros. Éstos suelen dividirse en agregado finos y grueso. (Cárdenas y Hernández, 2014, p. 8).

#### ***2.2.4.1. Agregados finos.***

Mayormente se usa arena como agregado fino para el caso del cemento Portland. Las especificaciones que encontramos indicado para este tipo de material contienen requisitos como el análisis granulometría, limpieza y solidez. Las normas que encontramos para cemento Portland (AAHTO de acuerdo a la norma M6) son los que definen todos los requisitos para realizar la granulometría que adoptan las agencias de carreteras. Viene a ser el que retiene la malla N°16 y puede variar entre el que es de 19mm o de 25mm. (Ccasani y Ferro, 2017, p. 79).

#### ***2.2.4.2. Agregados gruesos.***

Son materias inertes que tiene una reacción con el cemento e incluyen roca, escoria de alto horno y grava. El agregado grueso puede consistir en tres materiales o una combinación de los mismos. Una de las condiciones primordiales para el agregado grueso es familiarizarse con el tamaño de partícula del material. Los materiales deben estar correctamente calibrados y las dimensiones máximas especificadas. Para el agregado grueso se utiliza material de retención de malla No. 4. Los horarios requeridos están en la ASTM y deben estar limpios y esto debe lograrse maximizando la proporción de materiales peligrosos. (Poma, 2020, p. 23).

### **2.2.5. Análisis granulométrico.**

También conocido como análisis mecánico, se define como la determinación de la disposición del tamaño de las diversas partículas del suelo, mediante la obtención del porcentaje de roca, grava, arena, limo y arcilla. Esto aplica a suelos que contienen un grano grueso mediante el proceso de precipitación de agua que se produce en suelos de grano fino. Encontramos diferentes formas de hacer el tamizado como secado, enjuague y dependiendo del grado de cohesión del suelo, todo esto se puede aplicar en porcentaje de materiales granulares, rocas, grava y arena. (Nuñez, 2013, p.5).

Con este análisis se determina la Curva Granulométrica donde el eje X determina el dibujo del tamaño de partículas y el peso de las partículas menores se indica en eje Y. La forma final que indica la curva granulométrica nos brinda la distribución granulométrica del suelo; en el caso de las partículas que poseen un tamaño único estará figurado por una Línea Vertical y si se obtiene una Curva muy Tendida es que se tiene una diversidad en tamaños. Para la granulometría mediante tamizado se realiza mediante un proceso mecánico en donde se dividen las partículas del suelo por tamaños desde la partición menor (Malla No 200) como son arcilla, coloide y limo. El orden que tiene estos tamices es decreciente. Se utilizan los tamices 4", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ¼", No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, No 200), una báscula de 20kg, también se utiliza el horno eléctrico, Bandejas para colocar agregado, brochas y un vaso precipitado. (Nuñez, 2013, p.6).

### **2.2.6. Ensayo de peso unitario.**

Para el ensayo de compactación del suelo se determina la capacidad de carga del suelo subyacente, el subsuelo y el subsuelo mediante la compactación del suelo, el endurecimiento mecánico, la reducción de vacíos, la reducción del número de vacíos y la constancia de humedad. Pueden ser de dos tipos: el Proctor estándar fabricado con un pistón de 5 kg y el Proctor mejorado con un pistón de 10 kg. Las normativas que se usan para el Standart Proctor es la ASTM D-698 y para Modified Proctor la ASTM D-1557. Los ensayos finales se realizaron con el objetivo de mejorar el suelo, teniendo en cuenta que las resistencia al corte del suelo se incrementa, disminuyendo el coeficiente de asentamiento y descarga y reduciendo la permeabilidad del suelo. (Revolorio, 2013, p.6).

### **2.2.7. Fibras de polietileno.**

Las fibras de polietileno son microfibras de material sintético o de plástico. Las microfibras se encuentran en uso de campo y en caso de estructuras tienen su aplicación natural en relaciones de superficie/volumen muy altas. En cierto modo, si lo que nos preocupa es el "secado" del hormigón, hay pocas configuraciones que sean más eficientes para la evaporación, además de dispersar el material para que tenga un espesor bajo. Las microfibras, a pesar de su baja dosificación aparente (menos de 1 kg/m<sup>3</sup> de hormigón), refieren a una verdadera disgregación de millones de fibras en la matriz revestida, absorbiendo los micro esfuerzos de retracción al contraer la resina y evitando que se deforme o se extienda. El precio empotrado es más barato por metro cuadrado y más eficiente en funcionamiento. (Sika, 2019).

**Figura 2**

*Fibras de polietileno*



*Nota: Alibaba (2022)*

### **2.2.8. Ensayo Marshall.**

Para realizar este ensayo se tiene el siguiente procedimiento el cual es calentar, incorporar y compactar el asfalto-agregado con el fin de determinar la optimización del contenido asfáltico para conseguir un tipo de mezcla asfáltica, obteniendo así aspectos relevantes los cuales son la densidad-análisis de vacíos, la prueba de estabilidad y flujo de las muestras que han sido compactadas; teniendo en cuenta las especificaciones técnicas que brinda la normativa que indican los parámetros que tiene cada mezcla dividida por tipos. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2004, p.3)

**Figura 3**

*Ensayo Marshall*



*Nota: Dirimpex (2022)*

### **2.2.9. Gravedad específica neta del agregado.**

Para el agregado global se basa en fragmentaciones divididas de filler, agregado fino y agregado grueso, donde los materiales poseen diversas gravedades

específicas, por lo tanto, para determinar la gravedad específica neta se usa la siguiente fórmula para obtener el agregado total: (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2004, p.20).

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_N}{G_N}} \dots\dots\dots [\text{Ecuación 1}]$$

Donde:

$G_{sb}$  = gravedad específica neta para el agregado total

$P_1, P_2, P_n$  = porcentaje individuales por masa de agregado

$G_1, G_2, G_n$  = gravedad específica neta individual del agregado

### **2.2.10. Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica.**

Si se desea obtener un diseño de mezcla específico para un tipo de agregado determinado se requiere de la gravedad específica máxima,  $G_{mm}$ , para cada contenido de asfalto con la finalidad de hallar el porcentaje de vacíos de aire para cada contenido de asfalto. Entre tanto la norma ASTM D 2041/ASSHTO T209 nos permite establecer la gravedad específica máxima, donde la precisión que brinda el ensayo se da cuando el contenido de asfalto de diseño se encuentra a un paso de la mezcla. Considerando que la gravedad específica máxima se debe medir de dos a tres veces.

Posteriormente de calcular la gravedad específica efectiva del agregado para cada gravedad específica máxima obtenida y promediando los resultados de  $G_{se}$ ; se puede determinar la gravedad específica máxima para diversos contenidos que puede encontrarse en el asfalto donde se deduce que la gravedad específica efectiva del agregado es persistente y adecuada ya que la absorción del asfalto no diferencia

perceptiblemente con las varianzas que pueda tener el contenido asfáltico. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2004, p.21).

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 2}]$$

Donde:

$G_{mm}$  = gravedad específica teórica máxima de la mezcla del pavimento (sin vacíos de aire)

$P_{mm}$  = porcentaje de masa del total de la mezcla suelta = 100

$P_s$  = contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla

$P_b$  = contenido de asfalto, porcentaje del total de la masa de la mezcla

$G_{se}$  = gravedad específica efectiva del agregado

$G_b$  = gravedad específica del asfalto

### 2.2.11. Porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

Para determinar el porcentaje de los vacíos en el agregado mineral que se llena con asfalto VFA, sin incluirle asfalto absorbido, se resuelve en la siguiente fórmula: (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2004, p.24).

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - V_a}{VMA} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 3}]$$

Donde:

VFA = vacíos llenados con asfalto, porcentaje de VMA

VMA = vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen total

$V_a$  = vacíos de aire en mezclas compactadas, porcentaje del volumen total

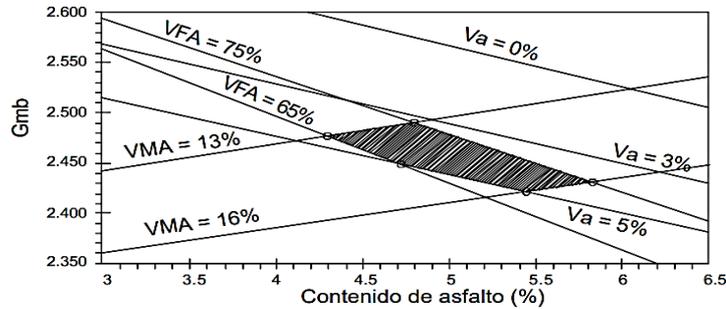
### 2.2.12. Polígono de vacíos.

En la siguiente figura se muestra el polígono de vacíos para la mezcla asfáltica. Donde se indica que, aunque no haya un lindero mayor para el VAF, algunos estudiosos precisan que si los valores no deben ser elevados ya que eso afectaría a

una mezcla resistente a la deformación permanente. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2005, p.40).

**Figura 4**

*Polígono de vacíos*



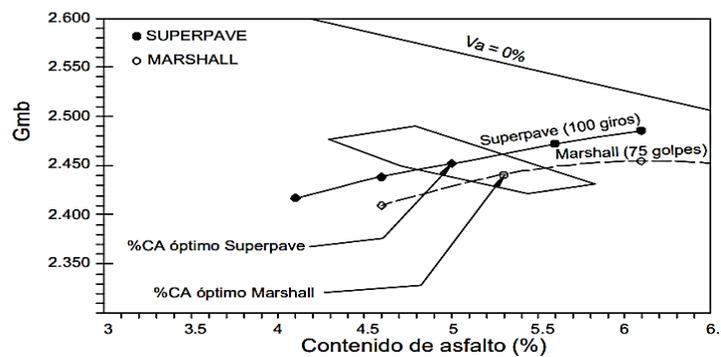
*Nota:* Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2005)

### 2.2.13. Polígono de vacíos para mezclas asfálticas.

En la siguiente figura señala las superposiciones que tienen las curvas de densidad, conseguidas a lo largo del diseño mediante Superpave y Marshall. Los porcentajes de asfalto óptimos logrados se encuentran dentro de límite de aceptación delimitado por el polígono de vacíos. El rango a considerar es de 4,8-5.3 y 5,1-5.6 %, para los métodos más mencionados. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2005, p.41).

**Figura 5**

*Polígono de vacíos para mezclas asfálticas*



*Nota:* Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2005)

#### **2.2.14. Diseño de mezcla Lottman.**

El ensayo Lottman mide la disminución de cohesión de la mezcla junto a un ligante, árido grueso y fino. Lo cual determina la capacidad de desasimio de la mezcla asfáltica, dándose así ensayos de control para un determinado sector. (Mamani, 2018, p.106)

A su vez, se indica que este método determina el contenido óptimo de asfalto para cierta combinación de agregados que se utilizará en la mezcla, además de obtener ciertas propiedades para la mezcla asfáltica y establecer la densidad y contenido óptimo de vacíos. En el caso de una mezcla asfáltica se debe obtener la cantidad suficiente de asfalto para que se mantenga unido al agregado y al agua en una sola capa, debe ser resistente a la deformación permanente debido a las cargas de tránsito que podría estar sometida, además de contener el suficiente porcentaje de vacíos, sin presentar deterioro a causa del tránsito y adecuada trabajabilidad con el fin de que se pueda colocar y compactar en obra. (Caso y De la Cruz, 2021, p.45).

#### **Figura 6**

*Ensayo Lottman*



*Nota:* Díaz, Maripangui y Wahr (2023)

#### **2.2.14.1. Gráfico carga-deformación de Lottman.**

El gráfico carga-deformación nos ayuda a determinar el parámetro de la carga de rotura de una briqueta, ésta la podemos visualizar en la figura 8. Con ella se

determina el desplazamiento vertical y la deformación horizontal del diámetro que tiene la briqueta durante la elaboración del experimento teniendo todos los sistemas para medirlos. (Garrote, 2006, p.17).

**Figura 7**

*Curva carga-deformación resultante del ensayo de tracción indirecta*



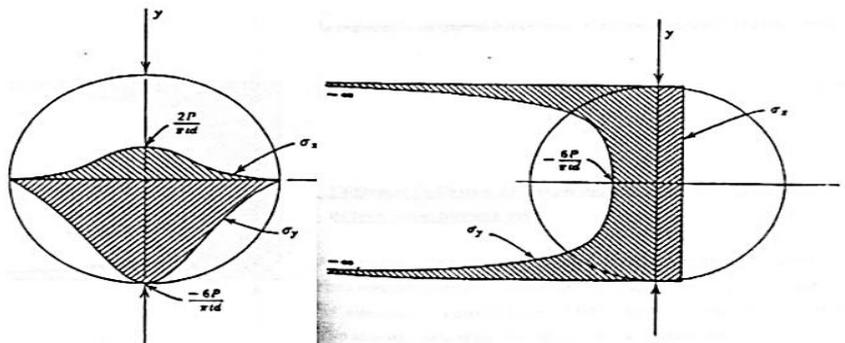
*Nota:* Garrote (2006)

#### 2.2.14.2. Diagrama de distribución de tensiones.

Tomas W. Kennedy y W. Ronald Hudson elaboraron las tensiones teóricas que se aplican en una briqueta cilíndrica que se somete a una carga diametral, tal cual pasa con la prueba de tracción indirecta. En este caso la disposición de tensiones se aplica en los ejes horizontales y verticales para una carga concentrada tal como indica la siguiente figura: (Garrote, 2006, p.19).

**Figura 8**

*Distribución de tensiones teórica sobre los planos diametral y vertical*



*Nota:* Garrote (2006)

Para hallar las tensiones en el diámetro horizontal se tiene las siguientes fórmulas:

a. Tensión horizontal

$$\sigma_x = \frac{2*P}{\pi*t*d} \left[ \frac{d^2-4*x^2}{d^2+4*x^2} \right]^2 \dots\dots\dots[\text{Ecuación 4}]$$

b. Tensión vertical

$$\sigma_y = -\frac{2*P}{\pi*t*d} \left[ \frac{4*d^2}{(d^2+4*x^2)} - 1 \right] \dots\dots\dots[\text{Ecuación 5}]$$

c. Tensiones tangenciales

$$\tau_{xy} = 0$$

Considerando el plano diametral vertical, las tensiones vienen a ser determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_x = \frac{2*P}{\pi*t*d} = \text{constante} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 6}]$$

$$\sigma_y = \frac{2*P}{\pi*t} \left[ \frac{2}{d-2*y} + \frac{2}{d+2*y} - \frac{1}{d} \right] \dots\dots\dots[\text{Ecuación 7}]$$

Donde:

P = Carga total aplicada (N)

t = altura de la probeta (mm  $\pm$  0,1 mm)

d = diámetro de la probeta (mm  $\pm$  0,1 mm)

x, y = coordenadas respecto al centro.

### 2.2.15. Emulsión asfáltica.

Viene a ser una emulsión catiónica de tiene una quebradura pausada, que se encuentra en estado líquido y es de color café. Esta emulsión tiene una correcta estabilidad al acopio y traslado tal como se ve en la figura 2, a su vez con una

perfecta cohesión y cubrimiento con diversos agregados pétreos, contiene un residuo asfáltico más resistente de aplicación en frío. No es recomendable utilizarse en temperaturas menores a 10°C. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2001).

**Figura 9**

*Emulsión asfáltica*



*Nota:* Asfaltos Brimax (2018)

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de la investigación**

La investigación fue de tipo experimental-descriptiva, porque es semejante a los experimentos cuantitativos los cuales se usan en la recolección de datos con el propósito de verificar la hipótesis mediante el análisis cuantitativo de la información recolectada y el análisis estadístico de la misma. Cumplió con proponer un problema, repasar y desplegar un marco teórico, preparar hipótesis y delimitar variables. Se buscó generalizar los resultados conseguidos con la muestra.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

Para esta investigación se consideró un diseño experimental, dado que se busca verificar y analizar el proceder que contiene la mezcla asfáltica con las fibras de polietileno.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población.**

Para este trabajo de investigación se utilizó como población desde km 105+02 al km 106+02 (Zona El Común). Considerándose una población de 144 pastillas asfálticas.

#### **3.3.2. Muestra.**

La muestra estuvo representada en 144 pastillas asfálticas.

### **3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos**

Teniendo en cuenta la presente tesis, se usó la recolección de datos mediante ensayos estándares realizados en laboratorio del tráfico, sub rasante y propiedades físicas de los mejoradores de suelos. Para realizar los cálculos se obtuvo como base lo expuesto en el Manual de carreteras brindado por el MTC (2013), ya que toda esta teoría se basa en la normativa ASTM y AASTHO.

#### **3.4.1. Técnicas.**

Ramos (2018) indica que las técnicas vienen a ser el grupo de elementos o factores normativos las cuales brindan una estructura apropiada este estudio, con esto se estructura los aspectos o periodos de la investigación y se acumulan los instrumentos y bienes que podrán usarse para la recolección y conservación de datos. Se tienen dos formas más conocidas las cuales son:

#### **3.4.1.1. Técnica documental.**

Para esta investigación tuvo como técnica documental la búsqueda de información sobre todo tipo de proceso constructivo (Especificaciones técnicas) sobre utilización de fibras de polietileno en mezclas asfálticas, fichas técnicas y normas aplicadas de los elementos que se usaron.

#### **3.4.1.2. Técnica de campo.**

Esta investigación tuvo como técnica de campo, el origen de los agregados que se usaron para la realización del diseño, ensayos de mezcla asfáltica y elementos.

#### **3.4.2. Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos.**

Estos criterios han sido revisados previamente por 04 expertos técnicos del colegio de ingenieros de Moquegua, mediante encuesta realizada.

#### **3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.**

Cuando se tiene el procesamiento y análisis de la data, se utilizaron software de ingeniería y hojas de cálculo con el fin de elaborar los cálculos correspondientes como diseño de pavimentos y comparaciones de metodologías aplicadas.

#### **3.4.4. Muestreo.**

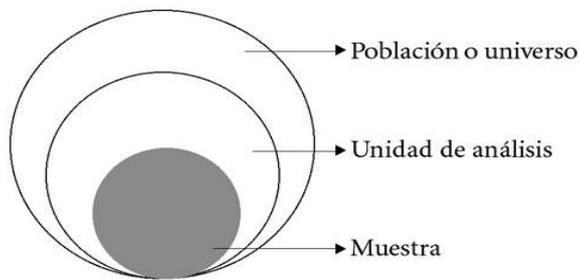
Según Carpio y Hernández (2019) es la elección de materiales de una población con el fin de examinarlos y poder precisar el total de la población, el muestreo se divide en dos, donde se tendrás los probabilísticos, los cuales se basan en el criterio

de la equiprobabilidad y los otros como no probabilísticos, en donde se elige a un sujeto de la población.

Este trabajo de investigación está considerado como grupo de muestreo no probabilístico por adecuación analizando 144 pastillas que serán ensayadas por resistencia a la tracción Marshall y Lottman.

### **Figura 10**

*Ejemplo de población, unidad de análisis y muestra*



*Nota:* Baptista, Fernández y Hernández (2014)

### **3.4.5. Confiabilidad.**

#### ***3.4.5.1. Prueba de Alfa de Cronbach.***

Para esta prueba de alfa de Cronbach se permite medir el nivel de credibilidad de una escala de medida para la magnitud inobservable construida a partir de las  $n$  variables observadas.

Para dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos se llevó a cabo un sondeo de 10 preguntas a profesionales ingenieros especialistas en pavimentos de acuerdo al tema de esta investigación, para lo que se hizo uso de la metodología de

Alfa de Cronbach donde la progresión es de 0 a 1, tal como se detalla a continuación:

**Tabla 2**  
*Prueba de Alfa de Cronbach*

	Ítems	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Suma de Ítems
<b>Sujetos</b>												
Wilbert Paredes		4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	41
Flor Mendoza		5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	47
Jenla Sayra		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
Willian Anampa		4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	41
<b>VARP</b>		<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>0.19</b>	<b>0.25</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>15.19</b>

➤ Varianza de la población

$$\Sigma Si^2 = 2.32$$

$$S_T^2 = 15.19$$

➤ Coeficiente de Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{K}{K-1} * \left[ 1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S_T^2} \right] \dots \dots \dots [Ecuación 8]$$

Donde:

K = número de ítems

$\Sigma S_i^2$  = Sumatoria de las varianzas de los ítems

$S_T^2$  = La varianza de la suma de los ítems

$\alpha$  = Coeficiente de Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{10}{10-1} * \left[ 1 - \frac{2.32}{15.19} \right]$$

$$\alpha = 0.94$$

Cuando  $\alpha$  está más cerca de 1, el grado de confiabilidad es más elevado

Según Castillo y Mata (2020), la confiabilidad está en relación a la estabilidad de todos los datos que logran ser obtenidos y la eliminación de riesgos que varían entre los distintos casos y momentos de aplicación, descansa tanto en aspectos propiamente técnicos, como también humanos.

Se obtuvo una confiabilidad del 94.14% la cual se usó para esta investigación. Examinando el resultado con la tabla 3 tenemos una confiabilidad excelente de acuerdo al coeficiente Cronbach.

**Tabla 3**  
*Cuadro de confiabilidad alfa de Cronbach*

<b>Confiabilidad</b>	<b>Rango</b>
Confiabilidad nula	0.53 a menos
Confiabilidad baja	0.54 a 0.59
Confiable	0.60 a 0.65
Muy confiable	0.66 a 0.71
Excelente confiabilidad	0.72 a 0.99
Confiabilidad perfecta	1

Por consiguiente; la confiabilidad de resultados obtenidos según revisión y opinión de los especialistas en pavimentos demuestra un resultado EXCELENTE.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

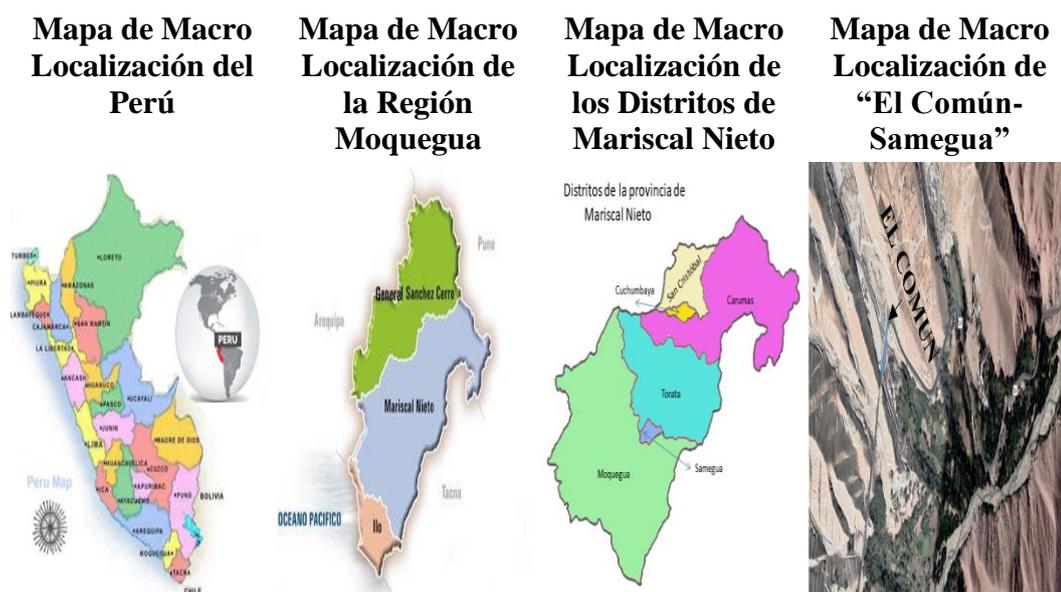
#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Ubicación del proyecto.

Ubicándonos al sur del Perú encontramos el centro poblado el Común el cual se ubica en el distrito de Samegua, provincia Mariscal Nieto, región de Moquegua. Ésta se encuentra a una latitud de  $-17.15229$ , una longitud de  $-70.8598$  y una altitud de 1813 m.s.n.m.

**Figura 11**

*Ubicación del proyecto*



#### 4.1.2. Resumen de Resultados de objetivos.

##### 4.1.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con emulsión (Método áreas equivalentes).

**Tabla 4**

*Cuadro de propiedades físicas y mecánicas para mezcla asfáltica*

<b>Propiedades de materiales</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidad</b>
PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	2.623655914	gr/cm3
PESO VOLUMETRICO SUELTO DE GRAVA	1.435239333	gr/cm3
PESO VOLUMETRICO VARILLADO DE GRAVA	1.572918923	gr/cm3
PESO ESPECIFICO DE ARENA	2.580423189	gr/cm3
PESO VOLUMETRICO SUELTO DE ARENA	1.563966501	gr/cm3
PESO VOLUMETRICO VARILLADO DE ARENA	1.872680673	gr/cm3
PESO ESPECIFICO DE INERTES	2.602039552	
PESO VOLUMETRICO DE INERTES SUELTO	1499.602917	kg/m3
PESO VOLUMETRICO DE INERTES COMPACTADO	1722.799798	kg/m3
PESO ESPECIFICO DE CSS1H	1.03	gr/cm3
PESO VOLUMETRICOS DE CSS1H	1000	kg/m3
PORCENTAJE MINIMO DE ASFALTO	5.097214338	%
EMULSION CON RESPECTO AL PESO DE AGREGADOS	7.079464359	%
EMULSION	7.801464359	67 RESIDUO
		33 VOLATILES
		4.74324112
		2.336223238
		%
		%
AGREG.	92.92053564	50 GRAVA
		50 ARENA
	100	100
		46.46026782
		46.46026782
		100
		%
PESO MEZCLA ASFALTICA POR M2 COMPACT.	100	kg/m2
PESO MAT. POR M2 DE CARPETA ASFALTICA		
		GRAVA
		ARENA
		EMULSION
		46.46026782
		46.46026782
		7.8119464359
		kg/m2
		kg/m2
		%

#### 4.1.2.2. Propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polietileno.

**Tabla 5**

*Cuadro de propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polietileno*

Tipo de fibra	Diám. equiv. [plg] x 10 <sup>-3</sup>	Gravedad específica	Resistencia a tensión [ksi]	Mód. de elasticidad [ksi]	Elong. última [%]	Tem. p. de ignic. [°F]	Temp. de fundición, oxidación o descomposición [°F]	Absorc. de agua, Método. ASTM D 570, [%]
Poliet	1-40	0.92-0.96	11-85	725	3-80	-	273	-

*Nota:* Tipos de fibras sintéticas seleccionadas y sus propiedades. Fuente: Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (2020)

#### 4.1.2.3. Diseño de mezcla asfáltica.

**Tabla 6**

*Cuadro de diseño de mezcla asfáltica*

Volumen y porcentajes finales	Resultados	Unidad
AGREG.GRUESO	0.809277358	m3
ARENA	0.742667247	m3
EMULSION	0.007079464	m3
GALONES DE EMULSION POR M3	30.02415	Galones
% OPTIMO DE LIQUIDO ASFALTICO	7.8012	%
% OPTIMO DE RESIDUO EMULSION CSS1hp	5.621521	%

#### 4.1.2.4. Resistencias máximas de las muestras por ensayo Marshall.

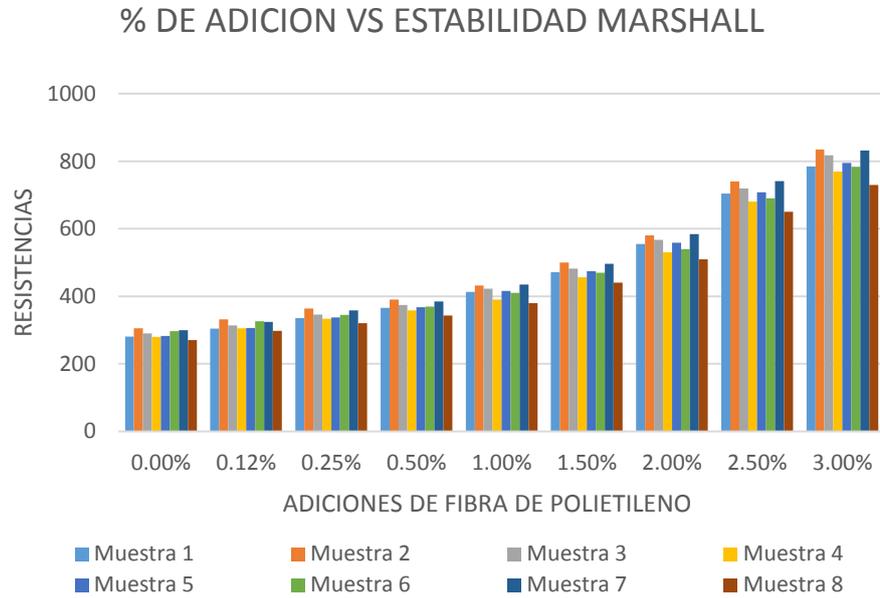
**Tabla 7**

*Resistencias máximas de las muestras por ensayo Marshall*

Porcentajes	0.00%	0.12%	0.25%	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%
Espesor (cm.)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Diámetro (cm.)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Marshall (kg.)									
M#01	280.49	304.58	335.81	365.84	412.96	471.81	555.04	704.02	785.14
M#02	305.78	332.05	364.31	390.59	432.05	500.07	580.64	740.68	835.14
M#03	290.04	313.82	346.01	374.10	422.28	482.46	567.58	719.91	817.68
M#04	280.07	305.15	333.94	358.03	390.48	456.18	530.07	680.49	769.54
M#05	283.09	306.30	337.71	368.17	415.59	474.81	558.58	708.50	795.14
M#06	297.04	326.51	345.04	369.93	410.08	470.11	540.09	690.17	783.90
M#07	300.08	324.69	357.98	385.04	434.63	496.57	584.17	740.96	832.14
M#08	270.40	298.05	320.07	343.16	380.11	440.38	510.07	650.22	730.00
PROM	288.37	313.89	342.61	369.36	412.18	474.05	553.28	704.37	793.58

**Figura 12**

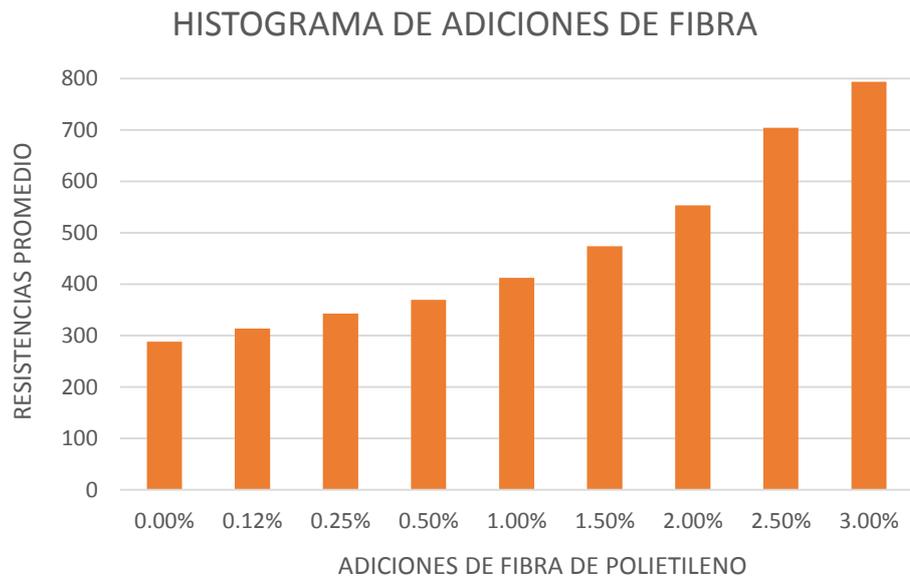
*% de adición vs estabilidad Marshall*



*Nota:* Se aprecia en el cuadro que a mayores adiciones de fibra se tiene un crecimiento exponencial en las resistencias.

**Figura 13**

*Histograma de adiciones de fibra*



*Nota:* Se adjunta el histograma de adiciones.

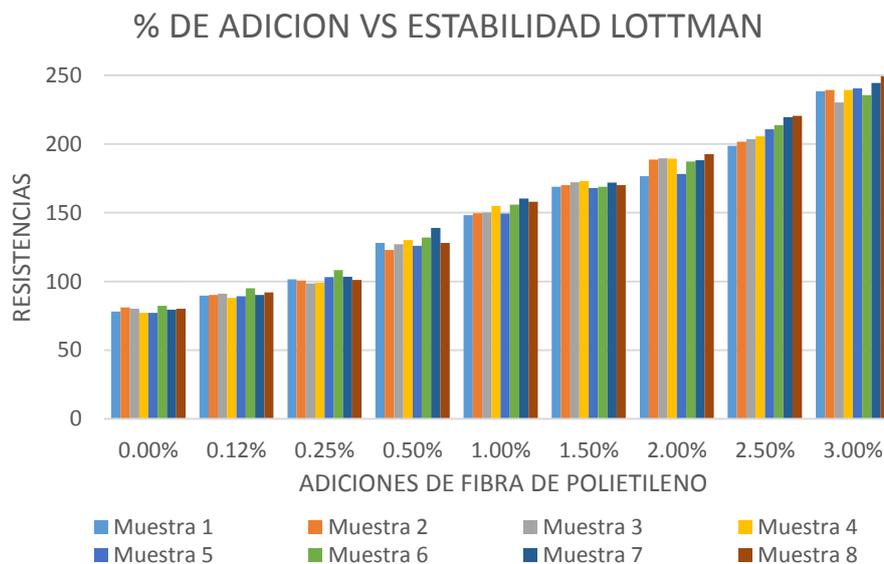
**4.1.2.5. Resistencias máximas de las muestras por ensayo Lottman.**

**Tabla 8**  
*Resistencias máximas de las muestras por ensayo Lottman*

Porcentajes	0.00%	0.12%	0.25%	0.50%	1%	1.50%	2%	2.50%	3%
<b>Espesor (cm.)</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Diámetro (cm.)</b>	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Lottman (kg.)</b>									
<b>M#01</b>	78.15	89.70	101.58	128	148.26	169	176.50	198.6	238.4
<b>M#02</b>	81.06	90.10	100.66	123	149.62	170	188.60	201.6	239.41
<b>M#03</b>	80.14	91.00	98.50	127	150.03	172.05	189.65	203.41	230.14
<b>M#04</b>	77.14	88.06	99.03	130	155.02	173	189.40	205.5	239.4
<b>M#05</b>	77.15	89.20	103.05	126	149.27	168.006	178.20	210.7	240.4
<b>M#06</b>	82.14	95.00	108.24	132	155.90	169.00	187.20	213.8	235.6
<b>M#07</b>	79.35	90.05	103.41	139	160.25	172.00	188.20	219.5	244.4
<b>M#08</b>	80.04	92.00	101.03	128	158.07	170.05	192.50	220.5	249.2
<b>PROM</b>	79.40	90.64	101.94	129.13	153.30	170.39	186.28	209.20	239.62

**Figura 14**

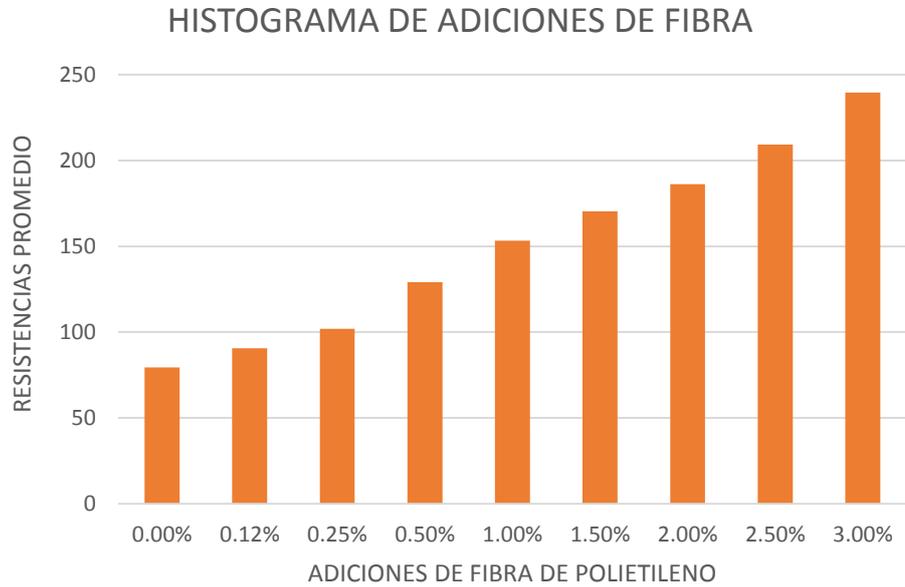
*% de adición y estabilidad Lottman*



*Nota:* Se aprecia en el cuadro que a mayores adiciones de fibra se tiene un crecimiento exponencial en las resistencias.

**Figura 15**

*Histograma de adiciones de fibra*



*Nota:* Se aprecia histograma de grupos de adiciones.

#### **4.1.2.6. Costos unitarios entre ambas mezclas asfálticas.**

**Tabla 9**

*Porcentajes de costo*

% adición	kg fibra /m3	Costo	Costo	% de incremento de costo
		fibra /m3	mezcla/m3	
0	0.3	0	760	0.00
0.12	2.64	15.84	760	2.08
0.25	5.5	33	760	4.34
0.50	11	66	760	8.68
1.00	22	132	760	17.37
1.50	33	198	760	26.05
2.00	44	264	760	34.74
2.50	55	330	760	43.42
3.00	66	396	760	52.11

*Nota:* El peso de mezcla es de 2200 kg/m3 y el costo de la fibra es de 6 soles.

## 4.2. Contrastación de hipótesis

### 4.2.1. Hipótesis específica N°01.

**Las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno cumplen con las normas de diseño.**

Se da por aceptado la presente hipótesis debido a que con los ensayos de laboratorio se estableció las propiedades físicas de los agregados, a su vez que ya tenemos un parámetro mínimo específico por normativa.

### 4.2.2. Hipótesis específica N°02.

**Con la metodología Marshall y Lottman se determinan las dosificaciones y resistencias máximas.**

**Tabla 10**

*Adiciones y estabilidad promedio*

<b>ADICIONES DE FIBRA (%)</b>	<b>ESTABILIDAD PROM.</b>
0.00	288.37
0.12	313.89
0.25	342.61
0.5	369.36
1.00	412.18
1.50	474.05
2.00	553.28
2.50	704.37
3.00	793.58
<b>Promedio</b>	<b>472.41</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>167.8599166</b>
<b>Tamaño</b>	<b>9</b>

**Tabla 11**

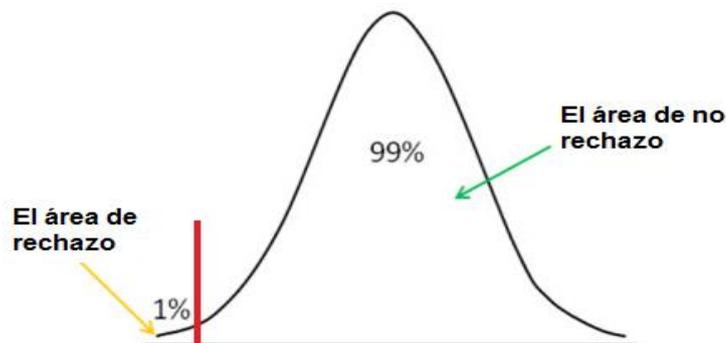
*Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales*

<i>Datos de variables</i>	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	472.41	5
Varianza	31699.07055	7.5
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	7.874892233	
P(T<=t) una cola	2.44531E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.859548038	
P(T<=t) dos colas	4.89062E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306004135	

*Nota:* Varianza = dispersión de datos (mientras mayor sea la varianza mayor será la dispersión).

**Figura 16**

*Prueba de hipótesis de la cola izquierda*



*Nota:* Learning about electronics (2023)

Teniendo en cuenta que para que nuestra mezcla asfáltica sea adecuada tenemos un valor por normativa el cual es de 222 kg. Determinamos nuestra mezcla asfáltica por “ $\mu$ ”.

**HIPOTESIS NULA:**  $\mu > 222$

**HIPOTESIS ALTERNATIVA:**  $\mu < 222$

Aplicamos la siguiente prueba estadística:

Introduzca los números en notación español (ejemplo: 1,2; 1.020; 12,3)

**Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:**

Una cola ( $\mu < H_0$ )

**Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: ( $H_0$ ):**

222

**Introduzca la Muestra Promedio, x:**

472,41

**Introduzca la Desviación Estándar:**

167,85

**Introduzca el Tamaño de la Muestra:**

9

**Seleccione el Nivel de Significación:**

5%

**Resultado:**

Aceptamos la hipótesis nula. El puntaje z de 4,48 está dentro del área de no rechazo

**Explicación:**

- El punto de corte es 1,86. Cualquier puntaje z mayor que 1,86 será aceptado.  
Dado que 4,48 es mayor que 1,86 aceptamos la hipótesis nula.
- $\mu = 222$ . La hipótesis alternativa es que  $\mu < 222$ , estabilidad según norma > 222kg
- **Se ACEPTA LA HIPOTESIS NULA donde se plantea que la adición de fibra de polietileno incrementa la resistencia.**

### 4.2.3. Hipótesis específica N°03.

**El costo unitario de una mezcla mejorada con fibras de polietileno, es más costoso sin embargo la resistencia se incrementa.**

**Tabla 12**

*Adiciones vs costo por metro cubico*

ADICIONES	COSTO/M3
0	760
0.12	762.08
0.25	764.34
0.5	768.68
1	777.37
1.5	786.05
2	794.74
2.5	803.42
3	812.11
<b>Desviación estándar</b>	<b>19.1254248</b>
<b>promedio</b>	<b>780.976667</b>
<b># muestra</b>	<b>9</b>

Considerando que el costo para una mezcla asfáltica tradicional es de 760 soles. Analizaremos mediante esta prueba estadística del costo de la mezcla con adición de fibra, donde el costo será “ $\mu$ ”.

**HIPOTESIS NULA:  $\mu < 760$**

**HIPOTESIS ALTERNATIVA:  $\mu > 760$**

Aplicamos la siguiente prueba estadística:

**Seleccione el Tipo de Prueba de Hipótesis:**

**Introduzca la Media de la Hipótesis Nula: ( $H_0$ ):**

**Introduzca la Muestra Promedio, x:**

**Introduzca la Desviación Estándar:**

**Introduzca el Tamaño de la Muestra:**

**Seleccione el Nivel de Significación:**

### **Resultado:**

Rechazamos la hipótesis nula, puesto que el costo con fibra al 3% si incrementa el costo.

### **Explicación:**

- El punto de corte es 1,86. Cualquier puntaje z inferior a 1,86 será rechazado.  
Dado que 0,00 es menor que 1,86, rechazamos la hipótesis nula
- **Se DA POR ACEPTADO la presente hipótesis ALTERNATIVA, puesto que la mezcla con fibra tiene un costo superior sin embargo tiene un incremento de resistencia mucho mayor.**

### **4.3. Discusión de resultados**

Para esta investigación se concluye que el óptimo de adición máxima es de 3%, donde ésta resulta ser mayor a Marcillo (2018), en donde su tesis denominada “Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden” su adición fue de 1%.

Coicue y Sepulveda (2017), con su tesis denominada “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19”, realiza la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica variada con otros tipos de polietileno se obtuvo una adición máxima del 6% donde su resistencia disminuía, sin embargo, en la presente investigación la resistencia es mayor con una adición máxima de 3%.

Ortiz (2017) con su tesis “Mezclas asfálticas en caliente adicionado tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall”, concluía que las fibras de polipropileno tienen una mayor efectividad en asfaltos en caliente, sin embargo, no es recomendable realizar adiciones mayores a 6% por ser anti económicas y por lo que son mayores al 3% como se muestra en el presente caso.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** Con respecto al objetivo general; se determinó que a mayor adición de fibra de polietileno la resistencia de la mezcla asfáltica en frío se incrementa, todo ello demostrado mediante ensayos de laboratorio.

**Segunda.** Con respecto al objetivo específico N°01; se cumplió con realizar los ensayos de propiedades físicas de los agregados de la mezcla asfáltica, donde dichos agregados cumplieron con todos los controles de calidad exigidos según normativa EG-2013 tal como se adjunta los certificados.

**Tercera.** Con respecto al objetivo específico N°02; se cumplió con realizar el diseño de mezcla, donde los resultados finales fueron: 5.6% de residuo asfáltico y 30 gls/m<sup>3</sup>, así mismo se realizaron moldeos de probetas asfálticas con la finalidad de ver su resistencia, tal como en los ensayos a los agregados.

**Cuarta.** Con respecto al objetivo específico N°03; se realizó el análisis de costo unitario de mezclas asfáltica convencional versus la mezcla con adiciones de fibra, donde el costo de la mezcla asfáltica /m<sup>3</sup> es de 760 soles y el costo de la mezcla asfáltica con 3.00% de fibra de polietileno es de un total de 812.11 soles por consiguiente se tiene un incremento de costo en un 7%. Sin embargo, la resistencia de la mezcla habitual es de 288.37kg mientras que la resistencia de la mezcla con 3.00% de fibra de polietileno es de 793.58kg; por consiguiente, se tiene un incremento de resistencia de 275% lo cual lo hace rentable.

## **5.2. Recomendaciones**

**Primera.** Todos los ensayos de laboratorio se realizaron en la empresa GEOTENCIA Y PAVIMENTOS DEL SUR de la ciudad de Moquegua, las cuales fueron debidamente certificadas con el profesional responsable.

**Segunda.** La aplicación de fibras si es técnicamente aplicable a la mezcla asfáltica con emulsión, puesto que con 396 soles se incrementa un 64%.

**Tercera.** Para una correcta distribución granulométrica se recomienda usar la gradación 03 y adicionando 8% de gravilla en la combinación de material para obtener el óptimo de resistencia.

**Cuarta.** Se recomienda utilizar el análisis de hipótesis o con metodología de ALFA DE CRONBACH con 04 profesionales que validen la metódica usada en esta investigación. la confiabilidad es de 0.94% el cual es excelente; lo que significa que los 04 especialistas según encuestas estuvieron de acuerdo con la aplicación de la presente metodología y aporte a la ingeniería.

**Quinta.** Todas las hipótesis expuestas en esta investigación fueron aceptadas, puesto que se cumplieron tal cual se planteó en la matriz de hipótesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alibaba (2022). *Fibras de polietileno*. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/wholesale/Venta-al-por-mayor-fibras-de-polietileno.html>
- Asfaltos Brimax (2018). *Venta de Emulsión Asfáltica Css-1h*. Recuperado de <https://www.facebook.com/ventadeemulsionasfalticaenlima/photos/553622948422544>
- Baptista, L., Fernández, C. y Hernández, S. (2014). *Metodología de la investigación* (6° Ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Berrío, A. (2017). *Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63316>
- Cárdenas, W. y Hernández, J. (2014). *Caracterización de los agregados de concreto reciclado propiedades técnicas y uso* (Tesis de Pregrado). Corporación Universitaria Minuto de Dios, Zipaquirá, Colombia. Recuperado de <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/3449>
- Carpio, N. y Hernández, C. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta, Revista científica del instituto nacional de salud*, 2(1), 75-79.

Caso, S. y De la Cruz, G. (2021). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la Ciudad de Huancavelica* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3450>

Castillo, F. y Mata, J. (2020). Motivación y satisfacción laboral en una organización de servicios sin fines de lucro. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 45(12), 549-555.

Ccasani, M. y Ferro, Y. (2017). *Evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay, para proponer una mejor alternativa estructural en el diseño de pavimentos* (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú. Recuperado de <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/107>

Clam desarrollo. (2022). *Fillers*. Recuperado de <https://www.clamdesarrollo.com/filler/>

Coicue, L. y Sepulveda, C. (2017). *Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/23c64fb5-e1fe-4ef0-9006-cad80d1bb616/content>

- Concretos SUPERMIX. (2021). *Agregados para la elaboración de concreto*. Recuperado de <https://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>
- Díaz, M., Maripangui, E. y Wahr, C. (2023). *Control de calidad de mezclas bituminosas mediante el ensayo de resistencia a tracción indirecta de Barcelona*. Recuperado de [http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos\\_pdf/05CarlosWahrControldecalidaddemezclas.pdf](http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/05CarlosWahrControldecalidaddemezclas.pdf)
- Dirimpex (2022). *Ensayo Marshall*. Recuperado de <https://dirimpex.com/equipos/cabezote-de-estabilidad>
- Garrote, E. (2006). *Efecto de la temperatura en la tenacidad de diferentes mezclas bituminosas*. (Tesis de Pregrado). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3324>
- Learning about electronics. (2023). *Calculadora de prueba de hipótesis estadística*. Recuperado de <http://www.learningaboutelectronics.com/Articulos/Calculadora-de-prueba-de-hipotesis-estadistica.php>
- Mamani, L. (2018). *Incidencias de la adición de Zeolita natural a la mezcla asfáltica en su comportamiento mecánico*. (Tesis de maestría). Universidad Ricardo palma, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1936>

- Marcillo, V. (2018). *Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden*. (Tesis de Pregrado), Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://1library.co/document/zpnod77y-evaluacion-desempeno-hormigo-n-asfaltico-plastico-polietileno-reciclado-segundo.html>
- Mendez, G. (2020). *Influencia de la dosificación de fibras de polietileno tereftalato, sobre el índice de CBR y compresión simple de un suelo arcilloso aplicado a sub rasantes* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16168>
- Mera, E. (2019). *Análisis de la resistencia de mezcla asfáltica modificada con bagazo de caña de azúcar, Av. Los Próceres de Huandoy San Martín de Porres – Lima 2019* (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53260>
- MTC. (2013). *Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)

- Muñiz, C. y Ramos, B. (2013). *Propuesta de diseño de mezcla asfáltica en frío de graduación densa como alternativa para el mantenimiento de pavimentos flexibles* (Tesis de Pregrado). Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.uca.edu.ni/518/1/UCANI3500.PDF>
- Navarro, J. (2017). *Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET* (Tesis de Pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimental, Perú. Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4569>
- Núñez, N. (2013). *Evaluación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la cantera del río Huayobamba provincia de San Marcos con fines de uso en la construcción* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/509>
- Ortiz, B. (2017). *Mezclas asfálticas en caliente adicionado tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshal* (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8111/>
- Pablo, J. (2018). *Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en la ciudad de Cerro de Pasco – 2017* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1047>

- Parra, E. (2018). *Sustitución parcial del asfalto en una mezcla para pavimento a base de polímeros reciclados* (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de Querétano, Querétano, México. Recuperado de <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1131>
- Poma, M. (2020). *Evaluación de la influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en la obtención de concreto ligero en los laboratorios de la E.F.P. de ingeniería civil de la UNDAC, Pasco-2019* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1854>
- Proyectos y Servicios a la Industria y Construcción S.A de C.V. (2020). *Fibra de polipropileno para concreto: guía de características y beneficios*. Recuperado de <https://psiconcreto.com/fibra-de-polipropileno/>
- Puente, J. (2020). *Análisis técnico - económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltada* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1856>
- Quispe, H. y Taipe, R. (2020). *Adición de la fibra de polietileno tereftalato en pavimento rígido en la provincia de Angaraes – Huancavelica* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3472>
- Ramos, C. (2018). *Métodos y técnicas de investigación*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>

Revolorio, F. (2013). *Incidencia de resultados del ensayo Proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo*. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala. Recuperado de <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/USAC.583963>

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2001). *Emulsiones asfálticas*. Recuperado de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/documentotecnico/dt23.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2004). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Recuperado de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt246.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2005). *Aspectos comparativos de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas*. Recuperado de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt271.pdf>

Sika. (2019). *Concreto reforzado con fibras*. Recuperado de [https://per.sika.com/dms/getdocument.get/743731e6-f615-3cf1-96f6-f2ebfac98803/Concreto%20Reforzado%20con%20Fibras\\_Brochure.pdf](https://per.sika.com/dms/getdocument.get/743731e6-f615-3cf1-96f6-f2ebfac98803/Concreto%20Reforzado%20con%20Fibras_Brochure.pdf)

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

ALUMNA: CRISTHIEL FIORELLA FLORES AVALOS

### TITULO: APLICACIÓN DE FIBRAS DE POLIETILENO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE MEZCLA ASFALTICA EN FRIO EN EL DISTRITO DE SAMEGUA-2022

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable
Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente
¿Será la solución la aplicación de fibras de polietileno en la mejora de la resistencia de mezcla asfáltica en frío en el distrito de Samegua?	Aplicar las fibras de polietileno para mejorar la resistencia de mezclas asfálticas en frío en el Distrito de Samegua 2022.	Con la adición de fibras de polietileno se incrementará la resistencia de la mezcla asfálticas.	Fibras de Polietileno. Dependiente Resistencia de mezcla asfáltica.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
¿Cómo serán las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno.	Las propiedades físicas y mecánicas de los componentes de la mezcla asfáltica con fibras de polietileno cumplen con las normas de diseño.	Población Para este trabajo de investigación se utilizó como población desde el km 105+02 a km 106+02 (Zona el Común). Considerándose un total de 144 pastillas.
¿Cuál será la metodología adecuada de diseño de mezcla asfáltica con fibras de polietileno?	Realizar el diseño de mezcla asfáltica con método Marshall y Lottman para determinar dosificaciones y resistencias máximas de las muestras.	Con la metodología Marshall y Lottman se determinan las dosificaciones y resistencias máximas.	Muestra La muestra de 01 kilómetro estuvo representada en 144 pastillas asfálticas.
¿Cómo será la comparación de costos entre un asfalto tradicional versus un asfalto mejorado con fibras de polietileno?	Comparar los costos unitarios entre ambas mezclas asfálticas (tradicional versus un asfalto mejorado con fibras de polietileno).	El costo unitario de una mezcla mejorada con fibras de polietileno, es más costoso sin embargo la resistencia se incrementa.	Tipo de investigación La investigación fue de tipo experimental-descriptiva, porque se asemeja a los experimentos cuantitativos.