



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
TESIS**

**Efecto de la Fibra de Acero y Caucho en la  
Autorrecuperación, en Mezclas Asfálticas en  
Caliente**

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

**Autora:**

Bach. Sanchez Monja, Wendy Anali  
<https://orcid.org/0000-0002-0336-2571>

**Asesor:**

**Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro**  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

**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 suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresada del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autora del trabajo titulado

### **EFFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

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:

Sanchez Monja, Wendy Anali	72553805	
----------------------------	----------	---

Pimentel, 21 de octubre de 2023

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**"Efecto de la Fibra de Acero y Caucho en la Autorrecuperación, en Mezclas Asfálticas en Caliente"**

AUTOR

**Wendy Analí Sánchez Monja**

RECuento DE PALABRAS

**18450 Words**

RECuento DE CARACTERES

**88911 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**73 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 20, 2023 1:32 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 20, 2023 1:33 PM GMT-5**

### ● 10% de similitud general

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

### ● Excluir del Reporte de Similitud

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

**EFFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN,  
EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

**Aprobación del jurado**

---

Mag. VARIAS RUIZ, JOAQUIN GABRIEL  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Mag. DÍAZ CORONEL, CÉSAR JESÚS  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mag. REINOSO TORRES, JORGE JEREMY JUNIOR  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

A Dios por haber permitido llegar hasta aquí y seguir cumpliendo mis metas trazadas, por darme claridad en cada una de mis decisiones tomadas y poder vivir mi experiencia universitaria, logrando llegar al tan esperado anhelo de ser un buen profesional que con tanto énfasis y esmero he alcanzado.

Dedico este trabajo de investigación a mis padres y hermanos quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida. Su amor, paciencia y sacrificio han sido la base de mi éxito académico, y les estoy eternamente agradecida.

No puedo dejar de mencionar a mis amigos y compañeros de estudio, quienes han compartido conmigo momentos de alegría, estrés y aprendizaje a lo largo de esta etapa universitaria. Su amistad y compañerismo han hecho de este viaje académico una experiencia inolvidable.

**Sánchez Monja, Wendy Analí**

## **Agradecimiento**

Agradezco también a todos los profesores y profesionales que han contribuido con sus conocimientos y experiencias a través de conferencias, cursos y publicaciones. Su dedicación y pasión por la educación han sido una fuente inagotable de inspiración.

Agradezco también a mi asesor, por su guía experta, motivación constante y valiosos consejos durante el desarrollo de esta tesis. Su apoyo y confianza en mis habilidades han sido fundamentales para alcanzar este logro.

**Sanchez Monja, Wendy Anali**

## Índice

Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de tablas.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Resumen .....	X
Abstract.....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Hipótesis.....	18
1.4. Objetivos.....	18
1.5. Teoría relacionada al tema .....	19
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	36
2.1. Tipo y Diseño de investigación.....	36
2.2. Variables, Operacionalización.....	37
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	40
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	42
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	42
2.6. Criterios éticos .....	46
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
3.1. Resultados.....	48
3.2. Discusión .....	61
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
4.1. Conclusiones .....	67
4.2. Recomendaciones .....	69
REFERENCIAS .....	70
ANEXOS.....	75

## Índice de tablas

Tabla I .	Diferentes tipos de fibra de acero y uso .....	20
Tabla II .	Tipos de fibra y sus propiedades .....	21
Tabla III .	Granulometría del agregado fino .....	24
Tabla IV .	Granulometría .....	25
Tabla V .	Granulometría agregado grueso.....	25
Tabla VI .	Gradación en mezcla asfáltica caliente .....	29
Tabla VII .	Método Marshall .....	32
Tabla VIII .	Ensayos de Marshall y parámetros de diseño .....	33
Tabla IX .	Operacionalización de la Variable Dependiente .....	38
Tabla X .	Operacionalización de la Variable Independiente .....	39
Tabla XI .	Unidad muestral en diseño de mezcla en asfalto en caliente.....	41
Tabla XII .	Agregados para la muestra patrón .....	52
Tabla XIII .	Informe general de ensayo Marshall .....	53
Tabla XIV .	Ensayo de Marshall con adiciones de fibra de acero y caucho .....	54
Tabla XV .	Resultados a nivel de autorrecuperación.....	60

## Índice de figuras

Fig. 1.	Residuo de construcción y demolición. [26]	19
Fig. 2.	Fibra de acero. [27]	19
Fig. 3.	Tipos de uso en caucho. [30]	22
Fig. 4.	Caucho Granulado. [22]	22
Fig. 5.	Caucho granulado en neumáticos. [32]	23
Fig. 6.	Material pétreo. [34]	26
Fig. 7.	Procesamiento del asfalto. [40]	27
Fig. 8.	Mezclas asfálticas con material modificador. [39]	28
Fig. 9.	Mezclas asfálticas en frío. [44]	31
Fig. 10.	Mezclas asfálticas en caliente. [43]	31
Fig. 11.	Diseño de parámetros de asfalto en caliente. [7]	34
Fig. 12.	Envejecimiento de las mezclas asfálticas. [54]	35
Fig. 13.	Diseño de investigación	36
Fig. 14.	Procedimiento de análisis de datos	43
Fig. 15.	Cuarteo de agregado fino	44
Fig. 16.	Cuarteo de agregado grueso	45
Fig. 17.	Granulometría de agregado grueso	45
Fig. 18.	Mezclas asfálticas	45
Fig. 19.	Pruebas en mezclas asfálticas	46
Fig. 20.	Ubicación de canteras en la región Lambayeque	48
Fig. 21.	Curva granulométrica agregado fino	49
Fig. 22.	Curva granulométrica agregado grueso	49
Fig. 23.	Agregado combinado muestra Confitillo	50
Fig. 24.	Agregado combinado	50
Fig. 25.	Resultados de los agregados fino y grueso	51
Fig. 26.	Resultado del agregado grueso	51
Fig. 27.	Ensayo de límite de atterberg	52
Fig. 28.	Diseño de mezcla en combinación de FA y FC	55
Fig. 29.	Resultados de mezclas modificadas en FA y FC	55
Fig. 30.	Mezcla al 1% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%	56
Fig. 31.	Mezcla al 3% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%	57
Fig. 32.	Mezcla al 5% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%	58
Fig. 33.	Resultados en mezclas asfálticas de FA y FC	59

# EFFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

## Resumen

En la actualidad se viene realizando procesos constructivos innovadores referente a la inclusión de residuos al diseño de mezcla asfáltica para fines de pavimentación, tiene como objetivo evaluar el efecto que produce agregando fibra de acero y caucho en la autorrecuperación bajo inducción de calor de las mezclas asfálticas en caliente, en su metodología de enfoque experimental se realizó 3 métodos fundamentales: rejuvenecedor, calentamiento por inducción y calentamiento por microondas para logra la autorrecuperación en pavimentos de asfaltos, se evaluaron briquetas para tránsito alto con dosificaciones en fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho triturado al 0.5%, 1.0%, 1.5% en relación al peso del agregado fino, con el método de Marshall, y ensayos a flexión en 3 puntos semicirculares en autorrecuperación, siendo los resultados obtenidos en el primer ciclo con dosificación del 3% de fibra de acero con 1.5% de caucho triturado logrando un óptimo del 52.63% con temperatura de 150°C y una carga máxima de tracción 140.5kgf, utilizando un calentamiento por inducción de calor en tiempo de curación entre los 250 segundos, se concluye que el nivel de curación alcanzado es por medio de las mezclas asfálticas probadas por inducción de calor dependiendo de la estabilidad es por ello que es beneficiable utilizar más porcentaje de acero y un mínimo de caucho esto conlleva prolongar el tiempo de vida del pavimento, comprobando así la hipótesis planteada que si llegó a cumplir en esta investigación. Esto conduce a una nueva alternativa en el ámbito de la pavimentación.

**Palabras clave:** Fibra de acero; Caucho; Autorrecuperación; Mezclas asfálticas en caliente; Método de Marshall

## **Abstract**

Currently, innovative construction processes are being carried out regarding the inclusion of waste in the design of asphalt mixes for paving purposes, with the objective of evaluating the effect of adding steel fibre and rubber in the self-recovery under heat induction of hot asphalt mixes, in its experimental approach methodology, 3 fundamental methods were carried out: rejuvenator, induction heating and microwave heating to achieve self-recovery in asphalt pavements, high traffic briquettes were evaluated with dosages in steel fibre at 1%, 3%, 5% and crushed rubber at 0.5%, 1.0%, 1.5% in relation to the weight of the fine aggregate, with the Marshall method, and flexural tests in 3 semicircular points in self-recovery, being the results obtained in the first cycle with a dosage of 3% of steel fibre with 1.5% of crushed rubber achieving an optimum of 52.63% with a temperature of 150°C and a maximum tensile load of 140.5kgf, using a heating by heat induction in curing time between 250 seconds, it is concluded that the level of cure achieved is through the asphalt mixtures tested by heat induction depending on the stability is why it is beneficial to use more percentage of steel and a minimum of rubber this leads to prolong the life time of the pavement, thus proving the hypothesis raised that if it came to meet in this inve.

**Keywords:** Steel fibre; Rubber; Self-reinforcing; Hot mix asphalt; Marshall method; Marshall method.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

En la actualidad están desarrollando nuevas alternativas novedosas que ayudan a reducir el impacto ambiental como se da en el país de Irán, refrenté a las mezclas de asfalto tibio, según Fakhri et al., [1], hace mención a las ventajas que tiene el agrietamiento a baja temperatura, la cual se utilizó residuo en acero a 3 tiempos en autocuración al 20, 30, 40 segundos, la cual demuestra con esto que la fibra de acero se agrega masilla arroja un mayor grado de resistencia tanta humedad y lo que es surcos. Por otro contexto Franesqui et al., [2], hacen referencia a lo mencionado párrafos anteriores según lo afirmado por Fakhri y compañía, donde describe sobre esta investigación se realizaron procesos de evaluación de 3 aspectos, influencia de masa, relación de aumento y seguimiento del proceso de cicatrización, este proceso permite el cierre completo de las fisuras utilizando estas variables de desechos tienden a cicatrizar las microondas.

El proceso de mezclas asfálticas autorregenerables mediante aumento a temperatura con residuo para crear una mezcla asfáltica con propiedades curativas en grietas mediante microondas o calentamiento por inducción, según Gonzalez at al., [3], tiende a resaltar mezclas asfálticas preparadas con materiales vírgenes para absorber y conducir la energía térmica. Cabe mencionar que Concha y Contreras, [4], muestran que el análisis de evaluación referente al comportamiento termo físico y térmicos de mezclas asfálticas autoregenerables con diferentes residuos en lana de acero para su uso material absorbente a la radiación solar asfáltico, por otro contexto Schlangen et al., [5], hacen referencia a las fibras metálicas en la rehabilitación de pavimentos asfálticos, donde tienen la capacidad de autorreparar sus grietas cuando se le aplica un calentamiento extremo por microondas, dando como resultados propiedades volumétricas de la mezcla indicaron que hubo un aumento en vacío de aire al interactuar fibra en acero, tanto en módulo de rigidez a la tracción aumento en su determinación, a diferencia de Chao et al., [6], describen su aporte de estudio referente a la autorrecuperación de asfalto caliente, con el único aspecto de viabilidad en aplicación a

escoria en acero al remplazar el relleno de piedra caliza, para así mejorar la propiedad de autorrecuperación del asfalto, a diferencia de Liang et al., [7], menciona a las principales consecuencias que afectan a la resistencia del pavimento entre la capacidad de autocuración de los materiales asfálticos como la estructura, el movimiento y la difusión del asfalto, la viscoelasticidad del asfalto y la tixotropía, cabe precisar Eng et al., [8], describen que método Marshall evalúa el diseño en mezclas caliente incluyendo residuo como caucho en pequeños porcentajes en grado convencional muy denso. A diferencia de Yinfei et al., [9], donde refieren que la fibra en acero tiene propiedades únicas térmica en diseño de asfalto donde se compactaron un contenido de vacío de aire alrededor al 4.0% en aumento en proceso de conductividad térmica y a la irradiación en interior. Sin embargo, la realidad que acontece según Yinfei et al., [10], muestran que otro residuo en caucho granulado durante el proceso de la construcción ha sido una preocupación por mucho tiempo, se empleó cromatografía donde los resultados mostraron que la gran emisión es por la temperatura en mezcla, cabe precisar que se encontró emisión de GC MS para aglomerante asfáltico fue mucho menor a la prueba debido a su delegada partícula asfáltica.

Tahami et al. [11], en su investigación “El uso de alto contenido de caucho de granulado fino en mezclas asfáltica mediante proceso seco”, plantearon como objetivo evaluar el caucho granulado en sus propiedades, mostraron una metodología de enfoque experimental tipo cuantitativa, se utilizó remplazo al 20%, 40%, 60% en peso del relleno, para método Marshall, sus principales resultados en dosis mínimas aumenta su resistencia a las mezclas asfálticas contra fallas, como conclusión mencionaron que agregando dosificaciones mínimas brindan un alto contenido de CRP, generando así un gran aporte a la rama de ingeniería, ya que por tratarse de un residuo eleva la resistencia requerida.

Yang et al. [12], su investigación “Desempeño ambiental y mecánico de una mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho desmenuzado utilizando Evotherm” plantearon como objetivo evaluar el desempeño de asfalto caliente con caucho desmenuzado utilizando Evotherm, mostraron una metodología experimental de enfoque cuantitativa, se utilizó una evaluación integral al desempeño de la propiedad mecánica de la mezcla tibia modificada CR

con Evotherm de tercera generación, en principales resultados asfalto puro de CR al 5.8% en comparación del asfalto sin modificar, a utilizar 13% reduce las emisiones, como conclusión mencionaron que el CR-HMA mejora su rendimiento a una temperatura baja con HMA.

Fariña et al. [13], su investigación “Evaluación ambiental de mezclas asfálticas modificadas con caucho recubierto de polímeros a partir de llantas de desecho”, plantearon como objetivo evaluar el caucho como aglomerante a la mezcla en el asfalto, mostraron una metodología de enfoque experimental, adiciones de caucho con dosificaciones del 0.5%, 1% en peso en mezcla, mostró resultado del GWP al 1% de PCR al 2% lo más alto en la mezcla SBS, a 2.6%, 2.7%, 6.3%, concluyeron que el desempeño de las mezclas asfálticas al 0.5% PCR fue 8.04% menor durante su tiempo de vida en mezclas con caucho triturados.

Bilema et al., [14], en su investigación “Influencia de las partículas del tamaño de la goma triturada sobre el daño por humedad y la resistencia de la mezcla asfáltica en caliente”, plantearon como objetivo evaluar el efecto que tiene la goma triturada sobre la mezcla en caliente, mostraron una metodología de enfoque, la cual se utilizó dosificaciones al 5% de caucho granulado en peso total ligante en 3 diferente tamaños de 0.075mm, 0.15mm, 0.3mm, en sus principales resultados mostró que adicionando CR mejoró la resistencia en las mezclas asfálticas, concluyeron que adicionando un 5% de CR reduce la resistencia a la humedad.

Chávez et al. [15], en su investigación “Determinación de la cantidad óptima de fibras de acero para la elaboración de concreto de cemento Portland para losas de pavimento rígido”, plantearon como objetivo, saber su resistencia estos elementos, mostraron una metodología, se utilizó pavimento rígido con módulo de 4.5 MPa con adición de fibras de acero, se realizó 15 probetas con adiciones al 5%, 10%, 20%, 30, 40% de fibras Dramix 80/60, en sus resultados se obtuvo resistencia en tracción en aumento ,al 10% en fibras e acero para pavimento rígido, concluyeron que adicionando fibras de acero en dosificaciones mínimas brinda un gran aporte a la resistencia requerida, gracias a esos residuos.

Sánchez [16], en su investigación “Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura”, plantearon como objetivo establecer la proporción exacta del peso total de los áridos para su

incorporación, mostraron una metodología de enfoque experimental, ofrece este tipo de caucho logrando aumentar resistencia, durabilidad y trabajabilidad, al adicionar 1.00%, y 2.00% de caucho usando el método Marshall, en sus principales resultados al adicionar 1% de residuo caucho establecido lo que norma MTC E504 y 505, concluyó que el óptimo tiene a tener mayor estabilidad, en términos generales el 1% más óptimo de toda la investigación.

Meza [17], en su investigación "Implementación de grano de caucho reciclado para el mejoramiento de la mezcla asfáltica para un pavimento flexible en Ica, 2021", plantearon como objetivo evaluar el impacto que el caucho proporciona a la mezcla asfálticas caliente, mostraron una metodología de enfoque experimental, se basó como procedimiento el método de Marshall convencional y mezclas en GCR, en muestras de 24 briquetas a muestreo, siendo en los resultados mostrando valor de 0.50% - 1.00% en caucho mostrando mejores en pavimentos flexibles, concluyeron que al adicionar dosificaciones mínimas de caucho en dimensiones estandarizadas ejerce un aumento al asfalto.

Cuba y Santos [18], en su investigación "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente incorporando neumáticos reciclados para un pavimento flexible, Junín 2021", plantearon como objetivo saber en cuanto puede elevar sus resistencia adicionando neumáticos al diseño del asfalto, mostraron una metodología de enfoque experimental, donde se realizó dosificaciones en caucho granular al 1%, 3%, 5%, se trabajó a ensayos determinados de método de Marshall, en sus resultados mostro un incremento 4.3 a 6.9 con la dosificación al 5.00% en caucho, concluyeron que la adición del caucho granulado como residuo tiene un efecto negativo en resistencia en mezcla asfáltica.

Quiñones [19], en su investigación "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del pavimento articulado adicionando caucho reciclado para el tránsito de vehículos ligeros, Lima-2020" plantearon como objetivo saber las propiedades que ejerce este residuo en caucho para un tránsito vehicular ligero, mostraron una metodología, se realizó 4 tipos de adoquines con remplazo al 3%, 6%, 9% de volumen de caucho reciclado con agregados, sus resultados demostró 3.00% aumenta la resistencia, concluyó que los pavimentos articulados

al 6% de remplazo alcanzó un 95% a resistencia a compresión, y en pavimentos articulados al 9% remplazo de caucho alcanzo un 85% de resistencia mínima a la compresión.

Llactas y Campos [20], en su investigación “Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021”, plantearon como objetivo que el caucho brinde resistencia para un buen diseño de mezcla, mostraron una metodología de enfoque experimental, se realizó briquetas de grano de caucho con materiales en agregados y cemento asfáltico, donde empleó el método Marshall, siendo los resultados de al incorporar un 0.4% de caucho tuvo una mejora en el rendimiento y aumento a la resistencia, concluyeron que el residuo en caucho al agregar pequeñas dosis brindan un aporte positivo al diseño de mezcla y al medio ambiente.

Correa y Tesen [21], en su investigación ” Autorreparación bajo inducción de calor de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibras de acero y caucho, Chiclayo 2021”, plantearon como objetivo determinar la autorrecuperación bajo condiciones en calor mezclado asfaltico con dosificaciones en fibra de acero y caucho, mostraron una parte de una metodología de tipo cuantitativa, se realizó la dosificación en fibra de acero en 2%, 4%, 8% y en caucho 0.5%, 1%, 2%, en sus principales resultados mostro que el óptimo en patrón es de 5.8% mejora en el aumento de autorrecuperación, concluyeron que mejora incorporando 2% en fibras acero y 2% en caucho, los parámetros de autorreparación es entre 3 a 4 minutos.

Bravo y Montalvo [22], en su investigación “Desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente con adición de caucho: caracterización del nuevo material”, plantearon como objetivo en evaluar el caucho para la preparación de mezclas en caliente, mostraron una metodología de enfoque experimental, se realizó utilizar pequeños porcentajes en agregado fino dejando si más proporción al agregado grueso, en sus resultados mostro una buena estabilidad y flujo adicionando porcentajes mínimos de caucho reciclado en lo que le da estabilidad y flujo al diseño en el pavimento , proporcionando % de vacíos y un buen cemento asfálticos, concluyeron que los residuos en caucho triturado brinda un buen aporte al diseño asfaltico.

Calva [23], en su investigación "Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero", plantearon como objetivo efectuar una mezcla eficiente agregando como aglomerante escoria de acero para un buen asfalto, mostró una metodología enfoque correlacional de tipo cuantitativa, se realizó 180 briquetas dividido en 3 niveles de tránsito, en dosificaciones al 0%, 15%, 25%, 50%, 75% con respecto al agregado grueso, en sus resultados se pudo obtener agregados de calidad según NTP ya que eso ayuda a aumentar su resistencia, concluyó que adición de acero mejoró su resistencia hasta un 25.00% en estabilidad, trabajabilidad y en todo el flujo en mezcla para asfalto.

Quipusco et al. [24], en su investigación "Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfáltica en caliente", plantearon como objetivo determinar qué consecuencias habría al adicionar siderúrgico por agregado grueso en el asfalto, mostrando una metodología de enfoque experimental de tipo cuantitativa, se añadió agregado pétreo al 0.0%, 25.00%, 50.00%, 75.00%, 100.00% en relación al peso, en sus resultados podemos mostrar una estabilidad y flujo, concluyeron que al agregar siderúrgico aumenta un 35.8% en mejorar sus propiedades en mezclas asfálticas logrando con óptimo de remplazo al 12.5% en su mejor determinación.

Tejada [25], en su investigación "Diseño de una mezcla asfáltica ecológica usando polietileno de tereftalato (PET) reciclado y caucho molido", planteó como objetivo evaluar estos residuos que se utiliza como aglomerante al diseño de mezclas al asfalto con el único propósito de brindar resistencias. Mostró una metodología de enfoque experimental de tipo cuantitativa, se realizó dosificaciones para ambos residuos al 1%, 1.5%, 2%, 2.5% en relación al peso del diseño, en su resultado aumento de resistencia en plástico y caucho porcentajes V.M.A en vacíos llenos de C.A y buen fujo y estabilidad llegando a 1794 kg/cm, concluyó que al agregar un 1% de PET y caucho molido brinda un aumento a la resistencia.

La presente investigación esta direccionado al efecto que produce la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación en mezclas asfálticas en caliente, reduciendo así el impacto ambiental que las industrias procesadoras, para ello se viene interactuando dosificaciones en fibra de acero al 1%, 3%, 5%, y caucho al 0.5%, 1.00%, 1.5% en relación al peso del agregado

fino, utilizando el método Marshall, al mismo tiempo ayuda a incrementar nociones científicas debido a las de investigaciones referente a este tema que se viene suscitando en la región de Lambayeque.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de autorrecuperación que logra alcanzar adicionando fibra de acero en dosificación al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% como aglomerante al peso del agregado fino en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente?

## **1.3. Hipótesis**

La incorporación de fibra de acero en dosificación al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% como aglomerante en relación al peso del agregado fino en la autorrecuperación en mezclas asfálticas en caliente, esto influye positivamente para un buen desempeño en el diseño de mezclas del asfalto.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto que produce la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente.

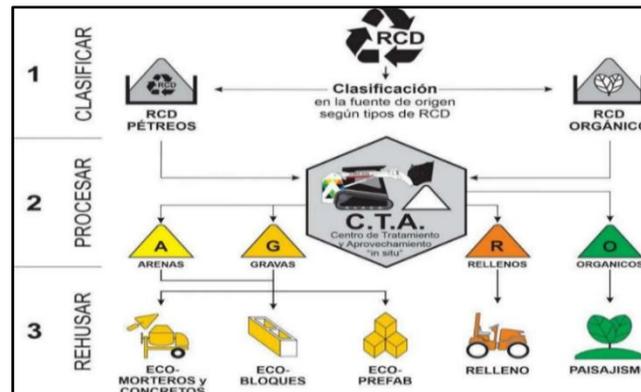
### **Objetivos específico**

- Evaluar las propiedades mecánicas de los agregados a utilizar, para un buen desempeño en el diseño de mezclas asfálticas en caliente.
- Evaluar las propiedades mecánicas patrón de las mezclas asfálticas en caliente.
- Determinar el diseño patrón con adiciones de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino.
- Analizar el diseño óptimo con adición de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino.
- Comparar el nivel de autorrecuperación de los diseños óptimos con fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% para diseños experimentales.

## 1.5. Teoría relacionada al tema

### Residuos sólidos

Estos residuos que son empleados para diversas funciones ya que tienen propiedades muy buenas al ser adicionada al diseño de mezclas tiende a elevar su resistencia requerida, ayudando así al medio ambiente ya que estos materiales son botados a la intemperie, según Danos., [26].



**Fig. 1.** Residuo de construcción y demolición. [26]

Nota: El nuevo Reglamento aplicable a los residuos sólidos de la construcción y Demolición, según Danos, [26].

### Fibras de acero

Son dimensiones en longitud y diámetro muy pequeño están entre 20.00 y 100.00 partes de sección transversal según el reglamento ACI 302R.



**Fig. 2.** Fibra de acero. [27]

Nota: Las fibras aportan un buen asentamiento como aglomerante al concreto asfáltico, según Miranda, [27].

**Tabla I .**

Diferentes tipos de fibra de acero y uso

<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tipo III</b>	<b>Tipo IV</b>
Constituidas en frio las fibras de alambre fabricadas de acero.	Partido las fibras con chapas de acero	Fabricadas empleando rueda centrifuga las fibras extraídas.	otras fibras.

Nota: La norma ASTM A 820 clasifica a las fibras en base a lo que se requiere como uso en diferentes tipos, Según las investigaciones, Molina., [28].

**Tabla II .**  
Tipos de fibra y sus propiedades

Tipos de fibra		Masa específica relativa	Diámetro	Resistencia a tracción - kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad - kg/cm <sup>2</sup>	Deformación en la rotura - %
<b>Acero</b>	óxido	7.8	100 - 1,000	5,100 - 27,000	2,100,000	0.5 - 3,5
	E	2.54	8 a 15	20.000 a 41.000	730	3.0 a 4.8
	RA	2.7	12 a 20	15.000 a 38.000	820	2.5 a 3.6
<b>Vidrio</b>	Acrílica	1.18	5.17	2.000 a 10.000	170.000 a 190.000	28 a 50
	Aramida	1.44	10 a 12	20.000 a 32.000	630.000 a 1220.000	2 a 3.5
	Carbón	1.9	8 a 9	18.000 a 27.000	2.300.000 a 3.900.000	0.5 a 1.5
	Nylon	1.14	23	10	53	20
	Poliéster	1.38	10 a 80	2.900 a 12.000	100.000 a 180.000	10 a 50
<b>Sintética</b>	Polietileno	0.96	25 a 1.000	800 a 6.100	50	12 a 100
	Polipropileno	0.9	20 a 200	4600 a 7.100	36.000 a 53.000	6 a 15
	Celulosa de madera		25 a 125	3.600 a 20.000	100.000 a 400.000	
	Sisal			2.900 a 6.100	130.000 a 250.000	3.5
	Coco		100 a 400	1.200 a 2.000	190.000 a 250.000	10 a 25
<b>Natural</b>	Bambú		50 a 400	3.600 a 5.100	340.000 a 410.000	
	Yute		100 a 200	2.500 a 3.600	250.000 a 330.000	1.5 a 1.9
	Pasto elefante		425	1800	50	3.6

Nota: Según las investigaciones de López., [29].

## El caucho

Es un material que es utilizado desde épocas muy antiguas desde las industrias procesadoras donde es aplicada a diferentes usos desde neumáticos hasta residuos para diseño de mezcla, Según refiere Asenjo, [30].



**Fig. 3.** Tipos de uso en caucho. [30]

Nota: Menciona referente al caucho y su fin de utilidades que se puede realizar con este residuo.

## Caucho Granulado

Se puede mencionar referente al caucho granulado, según el estudio realizado por, Tejada., [31] menciona que el material del caucho en su terminología se efectúa desde los desechos automóbiles y se puede producir versiones en caucho como triturado, molido, en polvo, efectuado a temperatura ambiental donde en el proceso de criogénico donde produce migas más blandas y en versión pequeñas en su determinación.



**Fig. 4.** Caucho Granulado. [22]

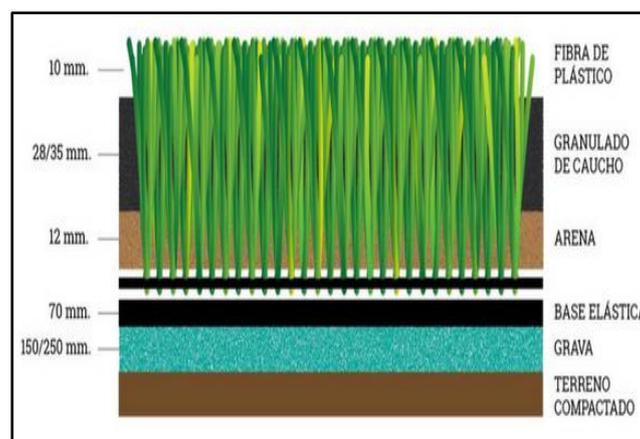
Nota: El caucho triturado para el beneficio en el desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente con adición de caucho, según Bravo y Montalvo [22].

## Caucho Granulado

Cabe mencionar que para los procesos de des vulcanización por ensayos químicos, se agrega al diseño con fin de asfalto para carreteras se es necesario una gran cantidad en material que contienen caucho reciclado, cabe precisar que el caucho en términos granular se generó unos 300 millones en libras de caucho contaminante, según las investigaciones de Briosó., [31].

## Caucho de neumáticos

Las propiedades de desgastes por agentes de calor, resistencia al aceite y elasticidad, esto genera que las características por dependencia a temperatura, tiempo y factor como termino general la elasticidad, esto dependerá del tiempo que mana la calcinación y resistencia a elasticidad en su carga muy aplicada que ejercen según las investigaciones de [32] y colaboradores.



**Fig. 5.** Caucho granulado en neumáticos. [32]

Nota: La reducción de la deformación permanente en pavimentos diseñados con mezclas asfálticas en caliente a través de la incorporación de polvo de caucho proveniente de neumáticos usados, como se muestra en la figura anterior, según Silvera et al. [32].

## Propiedades del caucho

Según la investigación de Tejada., [31], se refiere que el material caucho tiene una forma dura y muy original, y cuando está en proceso de congelarse brinda en sus propiedades una estructura fibrosa cuando alcanza o supera los 100°C, empieza a sufrir cambios y alcanza un estado PET, en términos generales si el caucho deforma nunca regresará su forma inicial.

## Aplicación del caucho

El material del caucho en su producción aumenta en los últimos tiempos ya que la tecnología se desarrolla en el área en materia primas otorgando así transformar estos productos, se utiliza para un fin de usos como revestimiento para construcciones en pisos para una alta calidad eficaz, se utiliza también acondicionamiento termoacústico, según Nicolai., [31].

## Agregados

Son piedras naturales, granuladas sin forma ni volumen, y suelen ser inertes. Por sus partículas, se logran dividir en agregados finos y gruesos, determinados por el tamaño más común, utilizando un tamiz como límite como referencia según Huamani., [33].

## Agregado fino

La descomposición artificial o natural de las rocas, pasa por malla 3/8, permanece en 9.5 mm. El agregado fino principalmente agregado que se trae de la cantera de forma natural, o también puede ser de origen manufacturado, los tamaños de estas partículas oscilan hasta los 10 mm, según las investigaciones de Belito., [33].

**Tabla III .**  
Granulometría del agregado fino

Ensayos determinados	Reglamento	Altitud (msnm)	
		<= 3.000	> 3.000
Equivalente	MTC E 114	60	70
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de plasticidad	MTC E 111	4 máx.	NP
Absorción	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx

Nota: Se muestra en la tabla valores únicos dependiendo los ensayos y normas correspondiente, Según la investigación de Khan et al., [34].

## Granulometría

Se define como mallas estandarizadas con dimensiones según normativa, con el propósito de clasificar mediante porcentajes retenido, y proporcionar dependiendo a su tamaño del material se denomina en n°4; 8; 16; 30; 50 y 100. con el único propósito de saber sus propiedades según el estudio que se haga y hallar el módulo de fineza.

**Tabla IV .**  
Granulometría

Malla			Porcentaje que pasa (acumulativo)	
3/8"	9.5	mm	-----	100
N° 4	4.75	mm	95	100
N° 8	2.36	mm	80	100
N° 16	1.18	mm	50	85
N° 30	600	m	25	60
N° 50	300	m	10	30
N° 100	150	m	2	10

Nota: Refieren sobre el análisis granulométrico y la importancia que tiene, para determinar los ensayos correspondientes, Según la investigación de Tuladhar et al., [35].

## Agregado grueso

Permanece en el filtro N°4 igual a 4.75 mm y provienen del desacompañamiento artificial de la roca o natural. Los agregados gruesos colectivamente se dividen en diferentes proporciones piedra triturada y grava, obtenida de canteras y cauces de río, Han, et al., [36].

**Tabla V .**  
Granulometría agregado grueso

Tamaño	% que pasa por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N°8
2"	95 - 100		35 - 70		90-100	-----	0.5	-----
1 1/2"	100	95 - 100		35 - 70		Oct-30	0.5	-----
1"	-----	100	95 - 100		25 - 60	-----	0.1	0.5
3/4"	-----	-----	100	90 - 100		20 - 55	0.1	0.5
1/2"	-----	-----	-----	100	90 - 100	40 - 70	0.15	0.5
3/8"	-----	-----	-----	-----	100	85 - 100	Oct-30	0.1

Nota: Norma técnica 400.037, según mencionan Han y Jinping, [36].

## **Agregados Pétreo en mezclas asfálticas**

Según las investigaciones de [34] refiere a la textura superficial en dimensiones de tamaños diferente a nivel de gradación, quedando a prueba que estos materiales cuentan con una granulometría exacta con fines de un pavimento flexible en términos generales son productos de roca o grava triturada.



**Fig. 6.** Material pétreo. [34]

Nota: Refiere acerca de agregados pétreo en mezclas asfálticas, que cumplen una gran parte importante en el diseño de mezcla, Khan et al., [34].

## **Asfalto**

Es un material en textura viscoso familia del derivado pétreo aun no preparado pero adecuado para fines de pavimentación, en sus características contienen resinas y aceites, en la cual llega a estar rígido cuando están caliente o a temperatura dada, es aplicada al pavimento y con el rodillo es compactada con el fin de producir una superficie suave en su determinación efectiva, según las investigaciones de Qadr., [37], por otro contexto En la actualidad la aplicación del asfalto se vuelve quebradizo donde presenta zonas donde la temperatura se presenta muy bajas, pero cuando al ablandarse en lugares donde la temperatura se incrementa llamada susceptibilidad, este estudio se realizó por la investigación de Nabanita et al., [38].

En temas constructivos los ahuellamientos en las mezclas asfálticas se reconocen cuando existe un desplazamiento lateral por donde suelen transitar los vehículos en la superficie con esta mezcla en caliente, es decir, en el área de carga por donde las llantas pasan se observan protuberancias, indicándose ahuellamientos en la superficie. Es decir, entonces, que, la deficiente capacidad de resistir altas cargas origina deformaciones permanentes. según Morea et al., [39].



**Fig. 7.** Procesamiento del asfalto. [40]

Nota: Los agregados pétreos mencionan que los agregados son conformados por el 90 95% en peso de la mezcla donde tiene una función principal de lograr la ficción y disminuir vacíos, Deb y Lakshman, [40].

### **Propiedades mecánicas del asfalto**

Para ello menciona Aker y Hasan., [41], que el asfalto en caliente es una versión bien diseñada ya que ser fabricada y colocada logra características y propiedades requeridas generando si una mezcla de muy alta calidad y trabajabilidad.

El objetivo primordial de las mezclas asfálticas es que tengan una excelente resistencia, estabilidad, trabajabilidad es por ello que se viene realizando procesos de adición mediante residuos en fibra de acero y caucho en el asfalto para generar resistencia adecuadas para así poder emplearlo en el ambiro de la pavimentación, según el estudio de Pradoto, et al., [42].

## Mezclas asfálticas

Es la combinación en materiales modificador que ayudan a obtener un betún, es por ello que, al utilizar una combinación de agregados de minerales, conformado por ligantes asfálticos que en otra parte que los materiales pétreos que queden cubiertos con capa uniforme en el asfalto, los agregados determinan las propiedades en sí, existen 2 análisis importantes que son el análisis de vacío y análisis de las propiedades mecánicas, según las investigaciones de Morea et al., [39].



**Fig. 8.** Mezclas asfálticas con material modificador. [39]

Notas: Las mezclas asfálticas con material modificador. Beneficiable en el ámbito de la pavimentación, según Morea et al., [39]

## Dimensiones y granulometría en mezclas asfáltica en caliente

La textura y dimensiones que ofrece las mezclas asfálticas cumplen un proceso de gradación o análisis granulométrico según la tabla de gradación, esto trata de decir que las mezclas asfálticas en caliente por su granulometría pueden ser densa la cual se caracteriza por ser una mezcla muy uniforme y homogénea, ligada con asfalto y agregado pétreo, según la investigación de Liu et al., [43].

**Tabla VI .**  
Gradación en mezcla asfáltica caliente

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	Mac 1	Mac 2	Mac 3
1"	100		
3/4"	80 – 100	100	
1/2"	67 – 85	80 – 100	
3/8"	60 – 77	70 – 88	100
N° 4	43 – 54	51 – 68	65 – 87
N° 10	29 – 45	38 – 52	43 – 61
N° 40	14 – 25	17 – 28	16 – 29
N ° 80	14 – 25		
N° 200			

Nota: El ensayo de clasificación de agregado según las mallas estandarizadas, con el único propósito de hallar la curva granulomatosa y obtener un módulo de fineza, para ello se determina la función que cumplirá la carpeta asfáltica, según el estudio de [43]

### **Composición de la mezcla asfáltica**

Según los estudios de [41] y colaboradores refieren que los materiales obtenidos de roca, según la norma establecida refiere que si el tamiz 200 no está en condiciones de penetración en si el proceso de rellenos se compensa por necesidad de tracción, principalmente con material cal y concreto asfáltico hidratado.

Propiedades mecánicas en mezclas asfáltica en caliente

### **Durabilidad**

La mezcla del concreto debe resistir al tránsito de nivel alto al cual se encuentra sometido, durante los cambios de temperatura, motivo que ocasiona la desintegración de las mezclas asfálticas es decir las partículas componente del asfalto se logran separar, siendo un efecto negativo en la mezcla.

### **Estabilidad**

La mixtura asfáltica en caliente debe tener una buena composición del agregado, para resistir deformaciones y controlar los desplazamientos.

## **Flexibilidad**

El producto de mezclas agregados y cemento asfáltico deberá poseer características que permitan máxima capacidad de controlar movimientos, que la base y subrasante se asiente.

## **Trabajabilidad**

Un diseño de mezcla, no deberá de requerir mayores esfuerzos para ser colocada y al momento de ser compactada.

## **Características de mezclas asfáltica en caliente**

### **Mezcla asfáltica densa**

Favorece a la relación de su peso unitario que deberá tener la mezcla con asfalto, de esta forma el pavimento flexible se encontrará con mayor densidad a lo requerido y sea la estructura funcionable.

### **Vacíos de aire**

La adecuada compactación de la mixtura asfáltica, es importante ya que reducirá los pequeños espacios de aire presentes, dichos espacios se relacionan respecto al tamaño y al análisis granulométrico estos deben cumplir con diámetro correcto para que puedan unirse de cemento asfáltico.

### **Agregado mineral**

Estas encuentran relacionado en vacíos presentes al material agregados pétreo, según el diseño patrón de mezcla en contenido de la mezcla del cemento concreto asfáltico.

### **Contenido de asfalto**

El porcentaje del material deberá contener una mezcla asfáltica será importante ya que éste cumple la función de unir de manera uniforme los agregados, para cumplir con el diseño requerido del proyecto a desarrollar

## **Tipos de mezcla asfáltica**

### **Mezclas asfálticas en frío**

El agregado mineral con textura superficial muy buena y pueden ser compactado a temperatura ambiente, según Sanei, [44].



**Fig. 9.** Mezclas asfálticas en frío. [44]

Nota: El diseño asfáltico en frío, que su granulometría es totalmente diferente, ya que es un agregado mineral con textura superficial muy buena y pueden ser compactado a temperatura ambiente, según Sanei, [44].

#### **Mezclas asfálticas en caliente**



**Fig. 10.** Mezclas asfálticas en caliente. [43]

Nota: Diseño asfalto caliente, que contiene mezcla de grava, arena, cemento asfáltico que antes de ser procesado al calor, debe colocarse en un lugar indicado a temperatura que oscilan los 300°a 350°, según Liu et al., [43].

#### **Asfalto modificado con fibras**

Según investigaciones de Aljubory et al., [45], se refiere que al interactuar un material al asfalto cual sea en fibra o ceniza genera un aporte al diseño de mezcla ya que tiene propiedades única para elevar sus resistencia y trabajabilidad como es en los pavimentos

flexibles mejoran sus características y flexibilidad a la hora de incorporar a la mezcla, es por ello que al adicionar dosificaciones en proporciones mínimas como es en fibras celulósicas, minerales y polímeros aportarían un gran efecto al asfalto, produciendo un gran avance a la rama de la ingeniería civil.

Las fibras en acero tienen como principal función en generar un aumento a la resistencia en el asfalto caliente como aglomerante en sí mismo, según las investigaciones de Huillcaya., [46], donde determina características produce mejor trabajabilidad, flexibilidad, aumento a la resistencia a tracción en el asfalto, reduce la presencia de grietas, generando un aumento en su durabilidad.

### **Diseño de mezclas asfálticas**

Consiste en determinar la mezcla de agregados para lograr un verdadero rendimiento en durabilidad, en lo cual están involucrados los laboratorios de pavimentos siguiendo al pie la norma establecida, según manifiesta Aker, Saed y Hasan., [41], mencionan sobre la calidad de materiales y en función del análisis granulométrico en módulo de fineza que se va emplear.

### **Método de Marshall**

Es una gráfica semilogarítmica con el fin de definir la granulometría adecuada, la cual pasa por mallas estandarizadas en aberturas de mm graficadas en aspecto logarítmicas, por otro contexto menciona que le principal objetivo de este ensayo es determinar al 100% el contenido óptimo para un eficaz tipo de mezcla para el asfalto, según Iberico., [47].

**Tabla VII .**  
Método Marshall

Marshall MTC E 504	Valores	Alto tránsito
N° Golpes	*****	75
Estabilidad	KN	8.15
Fujo	(")	8 a 14
Porcentajes de vacío con aire	%	3 a 5
Vacios en agregado mineral	%	>=17
Asfalto	%	0.6 a 1.3
Estabilidad / flujo	Kg/cm	1700 a 4000

Nota: Según las investigaciones de Arbaiza., [48].

## Ensayo de Estabilidad y Flujo de Marshall

Muestran la determinación de mezclas asfálticas en caliente para resistir movimientos, empujones, surcos. Por otro lado, el proceso del flujo determina la resistencia en asentamiento ascendente y deformaciones sin poder agrietarse, según ASTM D 1559 [49].

**Tabla VIII .**  
Ensayos de Marshall y parámetros de diseño

Método Marshall	Transito liviano		Transito mediano		Tránsito pesado	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Número de golpes	35	35	50	50	75	75
Estabilidad N(lb)	336	–	5358	–	8006	–
Flujo - 0.01 pulg.	8	18	8	16	8	14
% de vacíos	3	5	3	5	3	5
%VMA						
%VFA	70	80	65	78	65	75

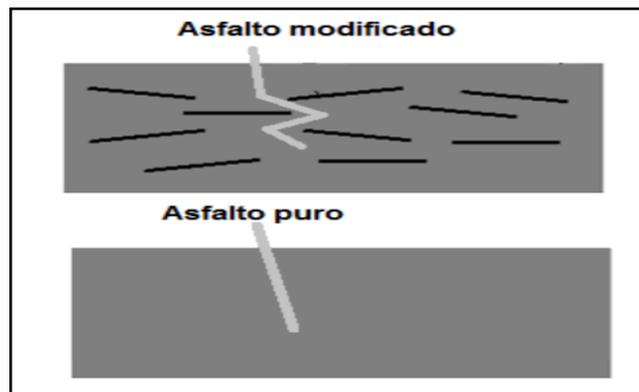
Nota: Según la investigación de Correa y Carmen., [21].

## Autorrecuperación

Según la investigación de Castro y Meza., [50], manifiesta el uso del agregado en función de mejorar su proceso, la cual refleja que los materiales a usar muestren un enfoque innovador y eficiente, por otro punto de estudio según González et al., [51], refiere que la nueva alternativa en innovación para autocuración que permite que los materiales involucrados sean sometidos a carga y logren recuperarse , con el único propósito de reducir los niveles de daño y así mismo sea más durable.

La función de la autorreparación contribuye desde el nivel molecular de los materiales generando así un mejor mantenimiento preventivo y la reducción de agrietamientos por fátiga presente comúnmente en los pavimentos asfálticos, según manifiesta Zheng et al., [52], donde menciona que su estudio de rendimiento de la autocuración se clasifica como internos, como la estructura molecular, el movimiento y la difusión del asfalto, la viscoelasticidad del asfalto y la tixotropía y externos como la humedad, la temperatura y las condiciones de

inducción y el tiempo. Para llevar a cabo un adecuado proceso de autorreparación es necesario la innovación de métodos de preparación de mezclas, adición de nuevos materiales y asegurar la correcta composición de la estructura a desarrollar esto conlleva a un aporte muy innovador ya que se está utilizando para fines de pavimentación.



**Fig. 11.** Diseño de parámetros de asfalto en caliente. [7]

Nota: El incremento de las temperaturas altas da un aspecto positivo y logran autorrecuperar grietas presentes que se originan en las fallas posteriores, Liang et al., [7].

### **Autorrecuperación para mezclas asfálticos caliente**

#### **Las nanopartículas**

Sirven para reducir el envejecimiento en el asfalto en pavimento flexible, términos generales su función es subsanar microgrietas que están siempre en el asfalto, según manifiesta Tabakovic et al., [53], donde determina que la energía superficial en nanopartículas actúa transportándose hasta llegar a la grieta la cual se implanta y logra detener la propagación del diseño de asfalto, según las investigaciones de Correa y Carmen., [21].

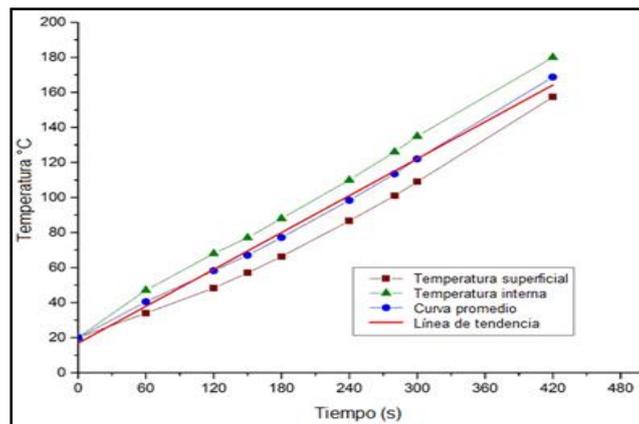
#### **Calentamiento por inducción**

Según las investigaciones de Quispe y Meza., [50], y colaborador manifiesta que la temperatura influye bastante en el asfalto ya que disminuye por sí solo, cabe mencionar que si analizamos los estudios de Tabakovic et al., [53], nos menciona que el sistema que transporta produce campo electromagnético alrededor de la bobina estos se conduce al asfalto conductor que las fibras de acero dentro de las mezclas se calienten, esto permite

que el betún envejecido ablande y permita que fluya y autorrepare el daño producido por la microgrieta que se da en pavimento.

### El calentamiento por microondas

Es un proceso de calentamiento volumétrico, tiene la única función de que absorba un calor uniformemente, la cual tiene la ventaja de tener velocidades de calentamiento en tiempos de procesamiento cortos y el control electrónico instantáneo, según las investigaciones Woodward et al., [54].



**Fig. 12.** Envejecimiento de las mezclas asfálticas. [54]

Nota: El proceso de calentamiento por hornos de microondas influye la temperatura de calentamiento superficial promedio de la muestra y el tiempo que lo indica, según Woodward et al., [54].

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de investigación

#### Tipo de investigación

Según Hernández, [55], refiere que este estudio es de tipo aplicada ya que a través de ensayos de laboratorio se obtiene resultados únicos; procura expresar la correlación o la fuerza de la correlación entre variables, cabe acotar que esta investigación se direcciona a lo que el investigador plasma en mención párrafos anteriores ya que al resumir y objetivar los resultados a través de muestras para producir la población de la que proviene cada muestra.

#### Diseño de investigación

Hernández, [55], describe que el estudio es de enfoque experimental ya que obtiene información de tesis ya investigado por los antecedentes ya demostrados, cabe precisar que gracias al metodología de Hernández se asemeja este estudio la cual a través de los estudios correspondientes por ello la realidad para establecer el fenómeno en sí para que pueda ser estudiado.

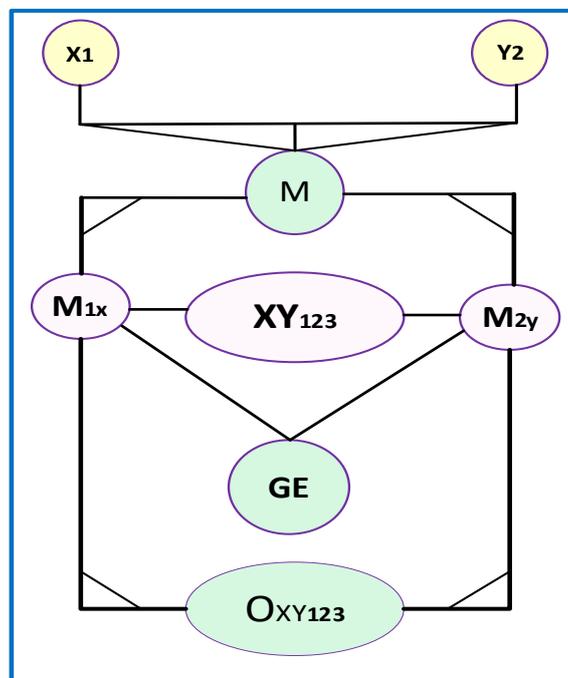


Fig. 13. Diseño de investigación

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **Variable dependiente:**

Autorrecuperación en mezclas asfálticas en caliente

### **Variable independiente:**

Fibra de acero y caucho

### **Operacionalización**

**Tabla IX .**  
Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escalade medición
Autorrecuperación en mezclas asfálticas en caliente	Según las investigaciones de Correa, [21], La autorrecuperación es mejorar su proceso, la cual refleja que los materiales a usar muestren un enfoque innovador y eficiente	Se evaluó la capacidad de autorrecuperación en las mezclas asfálticas en caliente, para ayudar al mantenimiento preventivo a la mejora del pavimento asfalto	Ensayos a los Agregados áridos	Análisis granulométrico	Guías de análisis documento / Formato - LEMS W & C EIRL	%	Dependiente - cuantitativa	Razón
				Angularidad				
				Durabilidad		kg/m <sup>2</sup>		
				Sales solubles		Cl - NO <sub>3</sub>		
			Diseño de Mezcla	Absorción	%			
				Peso	g			
				Diseño de Marshall	Adimensional			
				Nivel de Autorrecuperación	Calentamiento en microondas	°C		
Ensayo a flexión en tres puntos	Tiempo (s)							

Nota: Elaboración propia

**Tabla X .**

Operacionalización de la Variable Independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Dimensiones operacionales	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición	
Fibra de acero y caucho	Según las investigaciones de Correa, [21], las fibras de acero en dimensiones en milímetros proporcionan un gran aporte al diseño de mezcla asfáltica y el caucho granulado brinda una resistencia ya por sus propiedades que ejerce este residuo como aglomerante a la mezcla asfáltica	Diseño de mezcla asfáltica en pavimentos flexibles	Fibras de acero	1.00 3.00 5.00 0.50 1.00 1.50			%	Intervalo	
			Cantera la victoria	Agregado fino			kg/m <sup>2</sup>	Independiente - cuantitativa	Ordinal
			Cantera tres tomas	Agregado grueso		Observación y Análisis de documentos/formato LEMS EIRL	(")		
			Método Marshall	m.m					
				Análisis granulométrico					
				Índice de plasticidad					
			Propiedades mecánicas	Absorción			kg/m <sup>2</sup>	Razón	
				Durabilidad					
				Sales solubles					
				Abrasión de los ángeles					

Nota: Elaboración propia

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

#### **Población**

Está conformado por todos los componentes que participan en diseño de asfalto en caliente adicionando fibras en acero a porcentajes 1%, 3%, 5% y caucho 0.50%, 1.00%, 1.50% como aglomerantes al diseño para darle una estabilidad y resistencia en la autorrecuperación modificadas con estos tipos de residuos, ensayadas en el laboratorio de pavimentos

#### **Muestra**

Se realizó un total de 106 briquetas a ensayos demostrativos, dividida en diseño convencional patrón y mezcla con adiciones de fibras de acero en porcentajes del 1%, 3%, 5% y caucho 0.50%, 1.00%, 1.50% como aglomerantes al diseño, se va obtener resultados óptimos, briquetas para determinar la autorrecuperación en mezclas asfáltica.

**Tabla XI .**

Unidad muestral en diseño de mezcla en asfalto en caliente

Diseño de mezcla asfálticas	% de residuo aglomerante			Briquetas a ensayos					
	Fibra de acero	Caucho	Fibra + caucho	Masa en briqueta	Tiempo	Diseño de mezcla	Gravedad específica	Estabilidad	Autorrecuperación
Patrón	1% - 3% - 5%	0.50% - 1.00% - 1.50%	%	1200		3	4	12	3
Mezcla 01	1.00	0.50	1.50	1200		1	1	5	
Mezcla 02	1.00	1.00	2.00	1200		1	1	5	7
Mezcla 03	1.00	1.50	2.50	1200		1	1	5	
Mezcla 04	3.00	0.50	3.50	1200		1	1	5	
Mezcla 05	3.00	1.00	4.00	1200	24 HRS	1	1	5	7
Mezcla 06	3.00	1.50	4.50	1200		1	1	5	
Mezcla 07	5.00	0.50	5.50	1200		1	1	5	
Mezcla 08	5.00	1.00	6.00	1200		1	1	5	7
Mezcla 09	5.00	1.50	6.50	1200		1	1	5	
		Muestra				12	13	57	24
<b>Total, de briquetas ensayadas</b>							<b>106</b>		

Nota: Elaboración propia

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

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

#### **Observación**

Este método permite describir el proceso inductivo, que inicia desde la observación y nos permite registrar la toma de datos de cada muestra analizada tanto sea en el aspecto biológico como en resistencia mecánica asfálticas según Hernández., [55], menciona que el orden riguroso para poder definir o concluir parte de un objetivo y poder determinar con exactitud los estudios de variables en estudio.

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

##### **Recolección de datos**

Son formatos ya estipulados por normativa que cada ensayo que se realice se apunte en su respectivo parámetro, donde se utilizará los programas Microsoft Excel necesarios para poder determinar mediante tablas, figuras con exactitud los datos obtenidos, siempre teniendo un orden preciso y muy coherente con ello garantiza resultados muy confiables que van a ser útil para mi sustentación al final de mi investigación.

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

Para ello detallé mediante un flujograma con la descripción de mi proyecto de investigación.

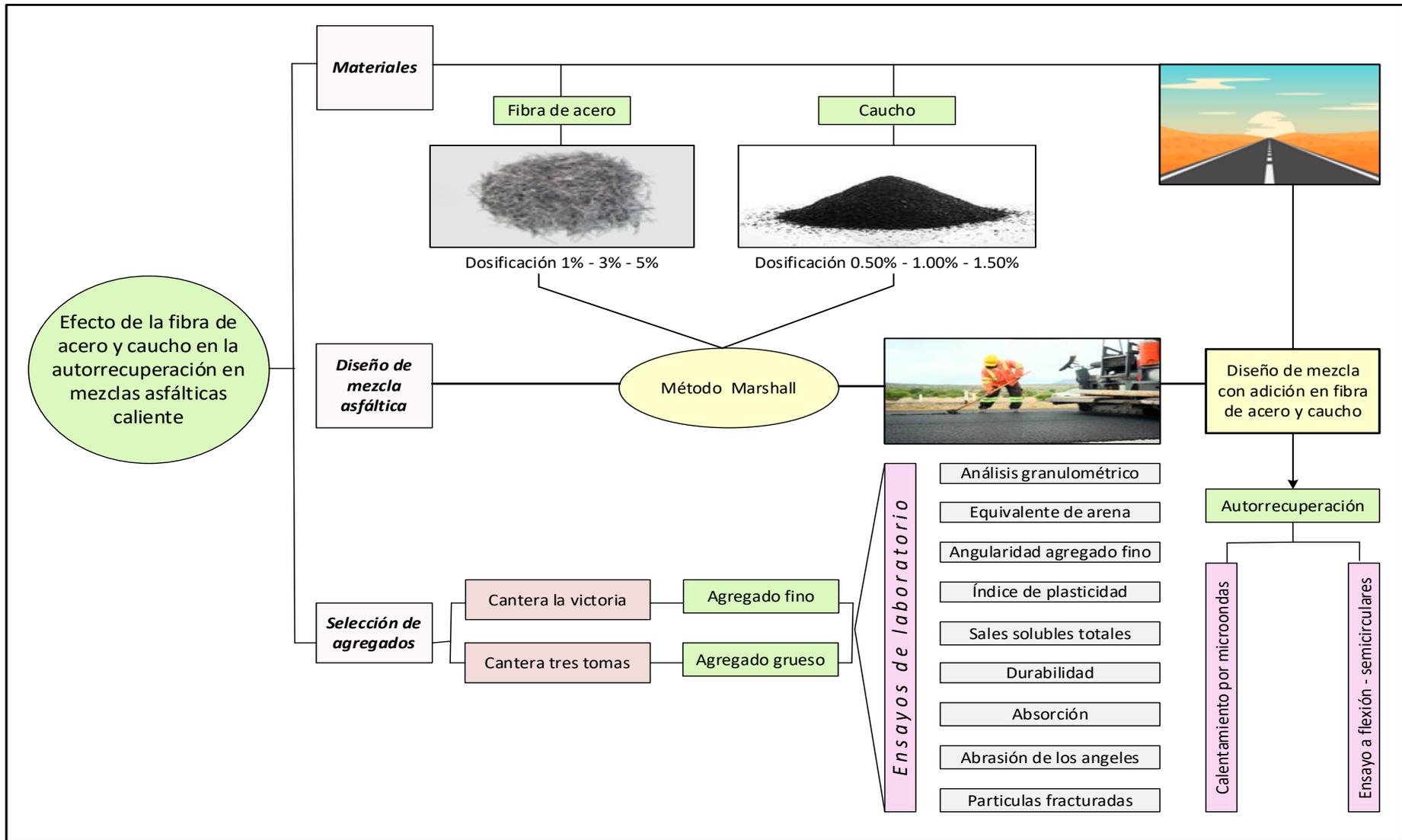


Fig. 14. Procedimiento de análisis de datos

## Descripción del proceso

Se realizó la búsqueda y reciclaje de los residuos en fibra de acero y caucho granulado, con el propósito de interactuar al diseño de mezclas asfálticas en caliente, en dosificaciones mínimas.

### Se extrajo agregados de la cantera para procesos de estudio:

Cantera La Victoria

Cantera Tres Tomas

### Ensayos de laboratorio mecánico de asfalto

- Ensayos determinados:
- Análisis granulométrico
- Equivalente de arena
- Angularidad agregado fino
- Índice de plasticidad
- Sales solubles
- Durabilidad
- Absorción

### Se tiene ensayos de materiales pétreos agregado grueso y fino



**Fig. 15.** Cuarteo de agregado fino

Nota: La muestra las partes elegidas se procedieron a mezclar nuevamente y se repitió la operación descrita anteriormente hasta obtener la cantidad de muestra que se requiero.



**Fig. 16.** Cuarteo de agregado grueso

Nota: Se procede a utilizar esta técnica para reducir la muestra extraída de la cantera, por lo cual se obtiene a tamaños para muestras que sean representativa



**Fig. 17.** Granulometría de agregado grueso

Nota: El ensayo de granulometría consiste en tamizar muestras en seco del material, este pasa por diferentes mallas que tienen dimensiones estandarizadas, con el fin de determinar la granulometría del material ensayado.

**Para ensayos para el diseño de muestra convencional (Método Marshall), se tiene**



**Fig. 18.** Mezclas asfálticas

Nota: Una vez que la mezcla asfáltica alcanza la temperatura de mezclado, se saca el molde del horno; se coloca el papel en la parte inferior interna del molde y se vacía la mezcla con una espátula o cuchara caliente se golpea 15 veces el perímetro del molde y diez veces en el interior; después se compacta la muestra, ya sea en el martillo Marshall o en el compactador giratorio



**Fig. 19.** Pruebas en mezclas asfálticas

Nota: En la figura 19 se muestra en ensayo un parámetro que se debe determinar antes de empezar la compactación, es el número de giros, o de golpes muy suaves por cara para su determinación

## **2.6. Criterios éticos**

Según consejo universitario., [56], haciendo atribución en los incisos 3, 5 y 19 de artículo 28° del estatuto de la uss, acuerda aprobar la actualización del reglamento del comité institucional de ética en investigación de la Universidad Señor de Sipán s.a.c. versión 3, el cual a partir de la fecha se le denominará reglamento del comité institucional de ética en investigación de la Universidad señor de Sipán s.a.c. versión 4.

Esta autonomía se manifiesta en los siguientes regímenes:

**Artículo 20°** Los proyectos de investigación sometidos a evaluación del CIEI una vez examinados, serán calificados de la siguiente manera: Aprobado, Desaprobado o Devuelto con observaciones. El resultado será remitido con el informe correspondiente al coordinador de investigación o Vicerrectorado de Investigación.

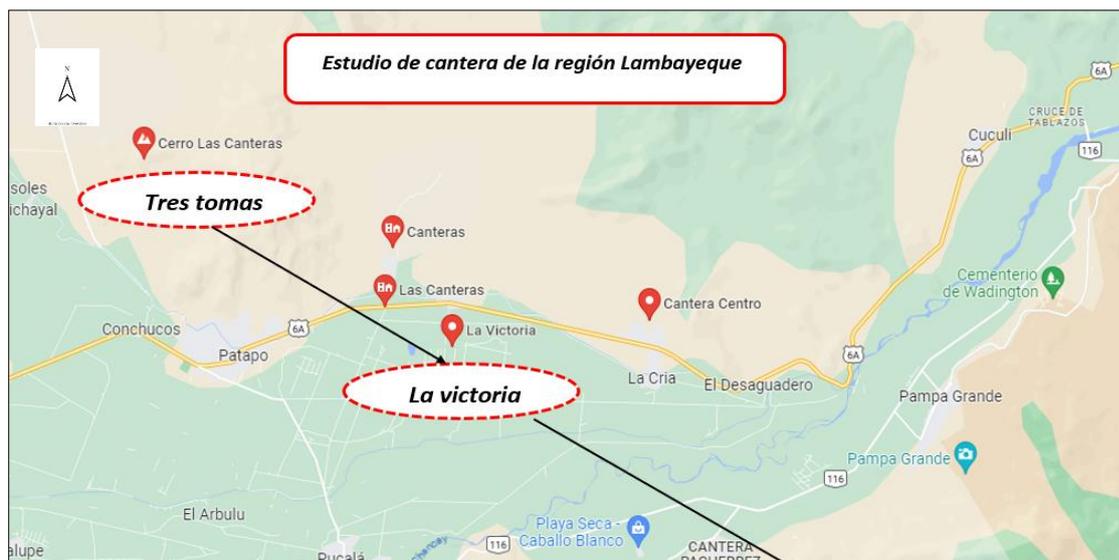
**Artículo 21°:** El investigador principal deberá poner en consideración del CIEI cualquier enmienda del proyecto inicialmente aprobado y no podrá implementarla sin la aprobación del CIEI, excepto cuando sea necesario eliminar algún peligro inmediato al que se haya expuesto un participante en la investigación.

Por otro contexto podemos mencionar según las investigaciones de Hernández., [55] hace referencia los puntos 3.4 y 5 en lo que respecta al criterio ético, donde menciona la suma importancia al reflejar una investigación aplicada, que conforme a principios éticos aseguran el avance del conocimiento y progresos de la sociedad, es por ello que esta investigación será examinada por jurados calificados y a través de especialista externo de la casa de estudios con el fin de dar viabilidad a lo expuesto mediante esta investigación.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

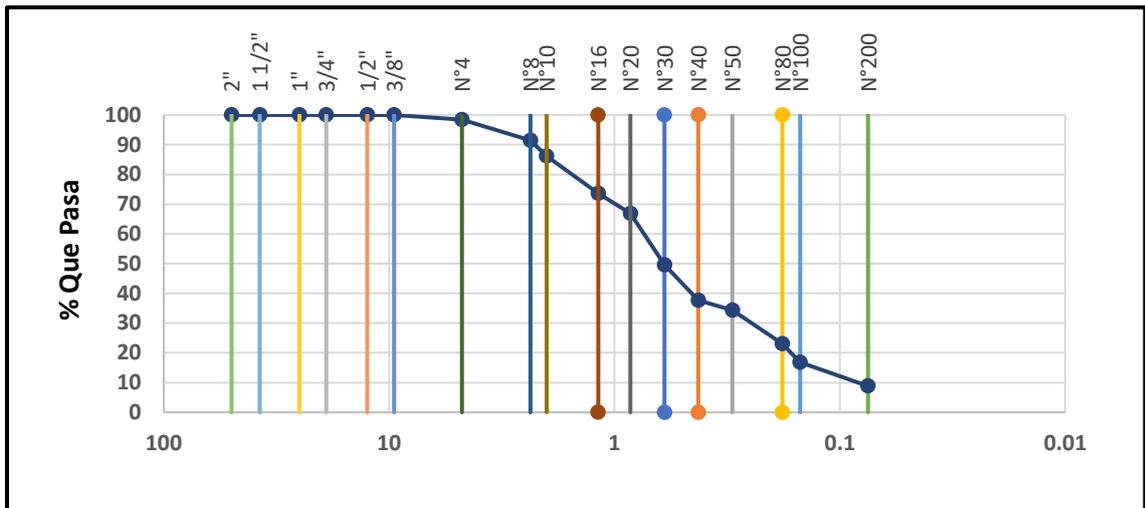
Concerniente a este proyecto de investigación se garantiza la legitimidad mediante ensayos de laboratorio mecánica de asfalto, autorizados y certificados, cabe mencionar los puntos objetivos específicos a plasmar mediante tablas y figuras de manera secuencial.



**Fig. 20.** Ubicación de canteras en la región Lambayeque

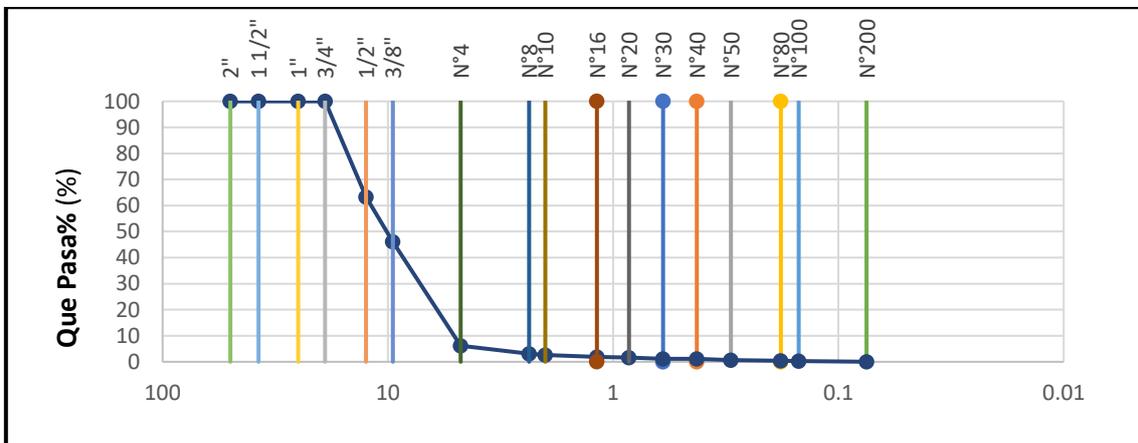
Nota: Según la NTP 400.012 esta estipulada en el término del análisis granulométrico, cuyo interés se ve reflejado en curva de fluidez, peso unitario, módulo de fineza, contenido de humedad, cuya muestra de cada cantera para proceso de selección, y poder utilizar agregados de calidad, para ello se ha determinado mediante ensayos de laboratorio los resultados de la cantera La Victoria que cumple con la norma establecida para agregado fino y grueso.

**Referente al primer objetivo específico, se tiene las propiedades mecánicas de los agregados a utilizar, para un buen desempeño en el diseño de mezclas asfálticas en caliente**



**Fig. 21.** Curva granulométrica agregado fino

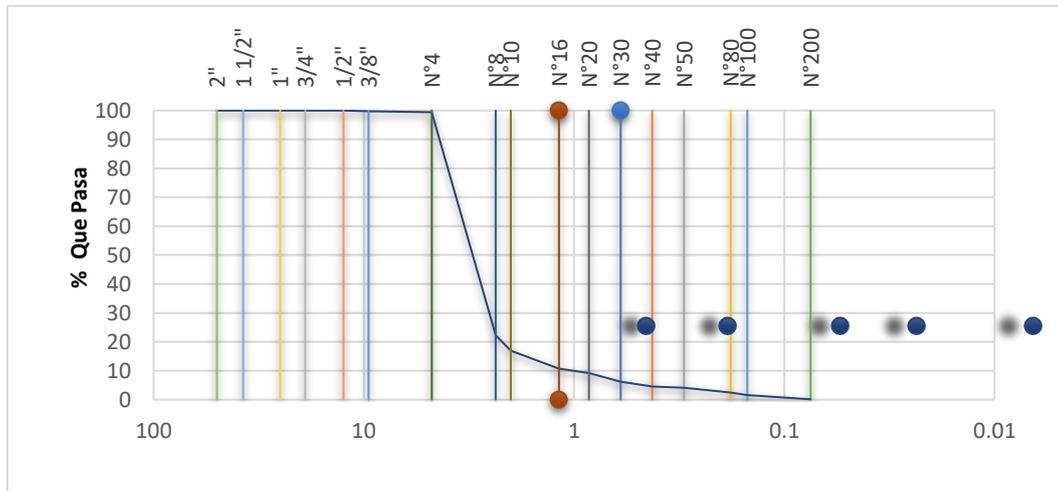
Nota: Como se aprecia en la figura N°21 el análisis granulométrico consta la evaluación de los porcentajes retenidos acumulados desde la malla n° 04 con un valor de 1.6% hasta la malla n°100 con un valor de 83.1 con un peso inicial seco de 1012.48 g. por otro contexto podemos mencionar que la absorción es 0.806 % y una durabilidad en 6.10%, un peso específico en masa en 2.621gr/cm<sup>3</sup>.



**Fig. 22.** Curva granulométrica agregado grueso

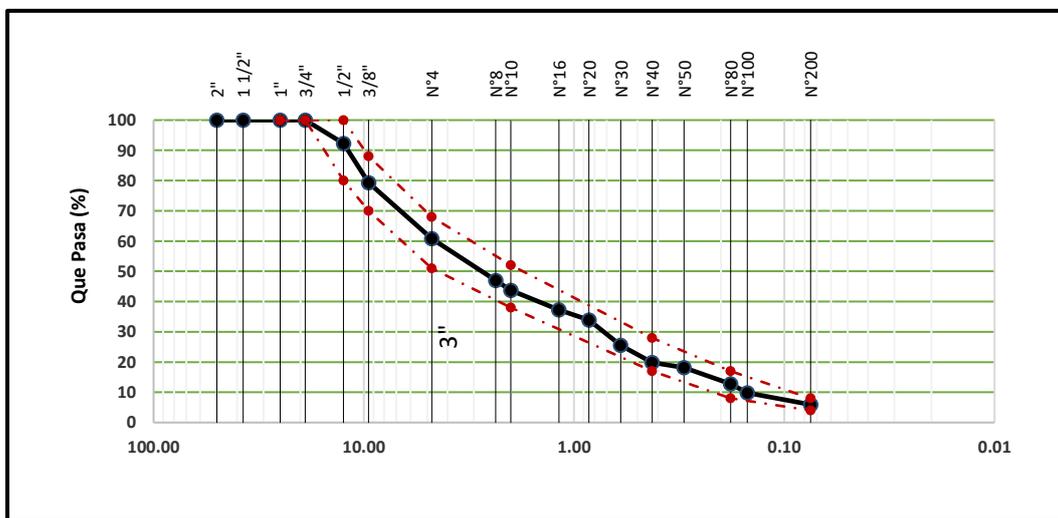
Nota: Como se visualiza en la figura N°22 la curva granulométrica expresa los ejes de coordenadas, se expresa en porcentajes que pasa a través de los tamices en escala aritmética, mientras que sobre los ejes de las abscisas se indican las aberturas, como se evidencia en la figura, por otro contexto podemos mostrar resultados en peso específico de

masa del 2.590 gr/cm<sup>3</sup>, un peso unitario seco húmedo de 1266 kg/m<sup>3</sup>, un peso unitario suelto seco de 1255 kg/m<sup>3</sup>, un contenido de humedad de 0.88 %.



**Fig. 23.** Agregado combinado muestra Confitillo

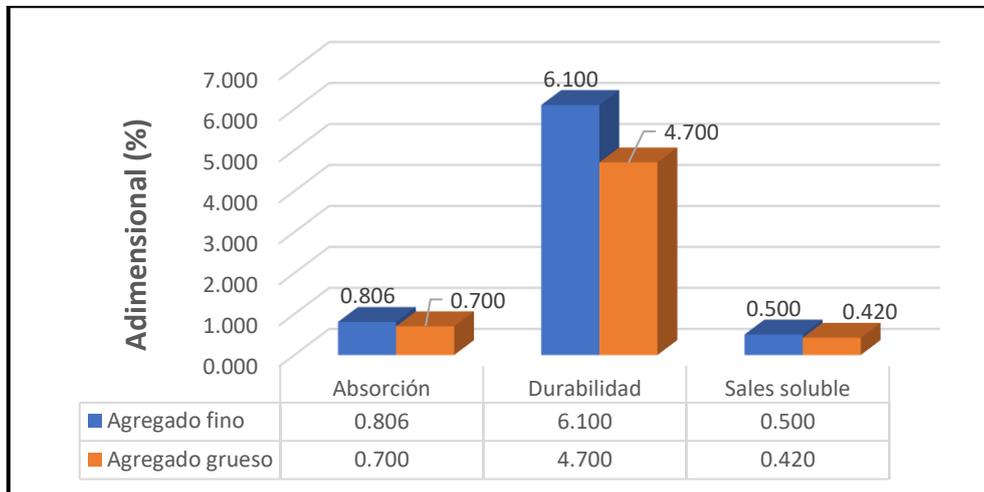
Nota: Se puede visualizar la figura N°23 el análisis granulométrico en la malla estandarizada donde se puede mostrar que hay una combinación el cual contiene un 40% de agregado grueso y un 12 % de muestra confitillo.



**Fig. 24.** Agregado combinado

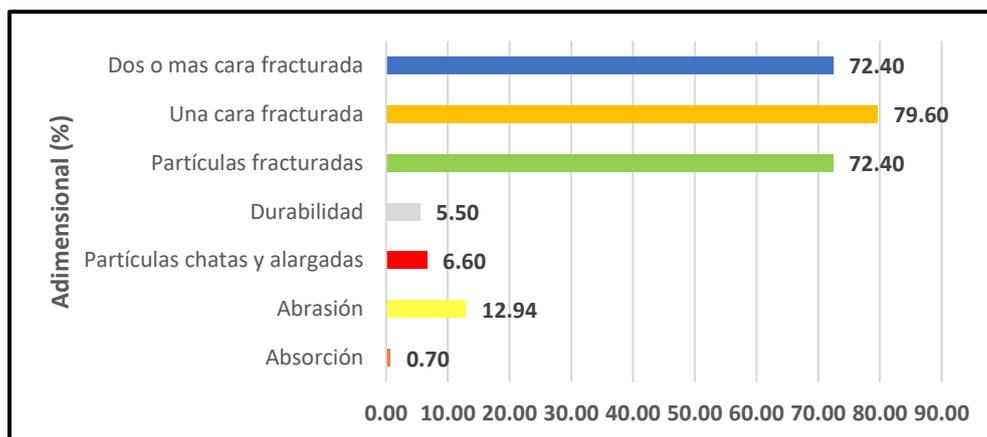
Nota: Como se puede apreciar en la figura N°24 la curva granulométrica la combinación de agregados según la norma establecida 400.012, siendo una masa inicial Seco de 3357.81, siendo en sus restados en masa retenida un 4.470% en fondo para muestra en combinación.

Resumen de resultados mediante evaluación de los agregados a utilizar en esta investigación, se tiene que:



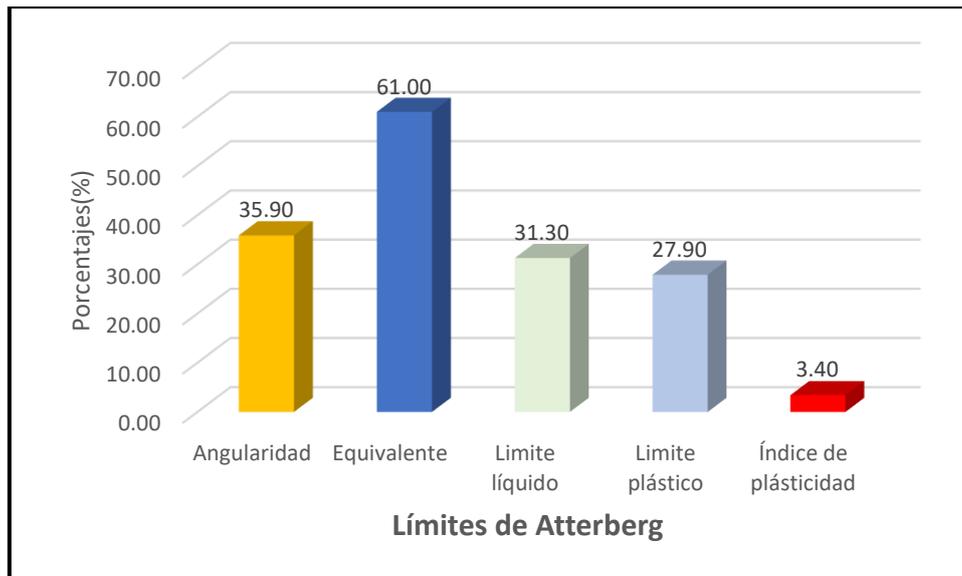
**Fig. 25.** Resultados de los agregados fino y grueso

Nota: En la figura N°25 se puede ver los resultados para agregado fino en absorción arrojando un valor de 0.806 %, en durabilidad al sulfato al magnesio con un valor de 6.10 %, y en sales soluble 0.50 %, y para agregado grueso en absorción 0.700%, en durabilidad 4.700, y en sales soluble con valor de 0.420 %, arrojado en su determinado.



**Fig. 26.** Resultado del agregado grueso

Nota: En la figura N°26 se muestra resultados para agregado comenzando desde la absorción con un valor determinado de 0.70%, en abrasión con 12.94 %, partículas chatas y alargadas con 6.60 %, durabilidad 5.50%, partículas fracturadas 72.40%, una cara fracturada arrojando un valor de 79.60%, y para dos o más caras fracturadas con un valor de 72.40 %.



**Fig. 27.** Ensayo de límite de atterberg

Nota: En la figura N°27 podemos mencionar que una vez clasificando este ensayo podemos direccionar a lo que deseamos ya que en límites de atterberg nos arroja un resultado en límite líquido arrojando un valor de 31.30 %, limite plástico 27.90%, índice de plasticidad 3.40 %, angularidad con un valor de 35.90%, un equivalente de 61.00% respectivamente.

**Referente al segundo objetivo específico se determinan las propiedades mecánicas patrón de las mezclas asfálticas en caliente, tenemos:**

Resultados de análisis granulométrico de agregados para la muestra patrón, según ASTM C136, se tiene:

**Tabla XII .**  
Agregados para la muestra patrón

Malla	40%	47%	1%	100%
Pulg. (mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado
¾"	100	100	100	100
1/2"	63.3	100	100	85.3
3/8"	46.1	100	100	78.4
Nº 4	6.2	98.4	100	61.7
Nº 10	2.6	86.2	100	44.6
Nº 40	1.1	37.7	100	19.7
Nº 50	0.7	34.3	100	17.9
Nº 80	0.5	23.1	100	12.3
Nº200	0	8.8	100	5.2

Nota: Como se aprecia en la tabla N°12 la malla estandarizada en pulgadas en agregado grueso con un 40%, agregado fino 47%, en filler 1.00% y una combinación al 100%, determinado cada resultado con su valor dado, como se muestra en la tabla en mención.

Para ello se utilizará el método Marshall para un diseño de muestra patrón, cabe recalcar que los agregados y ligante asfalto **PEN 60/70** considerados cumplen con la

<b>Características Marshall</b>		
GOLPES	75	75
% C.A.	5.90	----
P. unitario	2.324	----
Vacíos	3.9	3 - 5
V.M. A	17.2	14.0
V.L.L.C. A	77.3	----
Polvo/Asfalto	1.19	0.6 - 1.3
Flujo	12.8	8 - 14
Estabilidad	16.0	8.15 kN.
Estabilidad/Flujo	3304.1	1700 - 4000

normativa y técnicas correspondiente para darle viabilidad al contenido de las mezclas con las variables a utilizar como aglomerante al diseño asfáltico en caliente.

**Según el informe de ensayos Marshall ASTM D 1559, se tiene:**

**Tabla XIII .**  
Informe general de ensayo Marshall

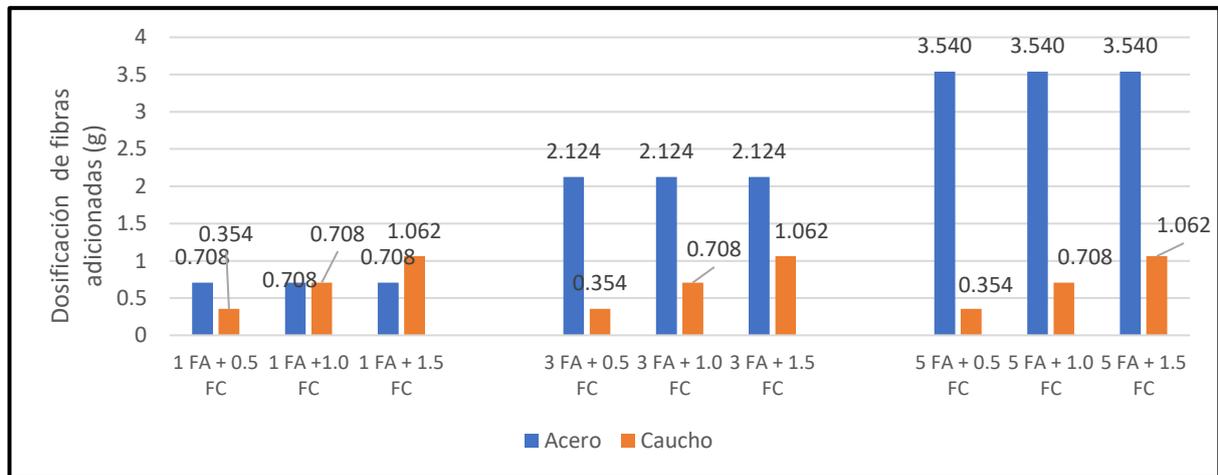
Nota: En la tabla 13 se aprecia los resultados en ensayo Marshall para el diseño patrón, los cuales se encuentran dentro de lo requerido y establecido por normativa.

**Tabla XIV .**

Ensayo de Marshall con adiciones de fibra de acero y caucho

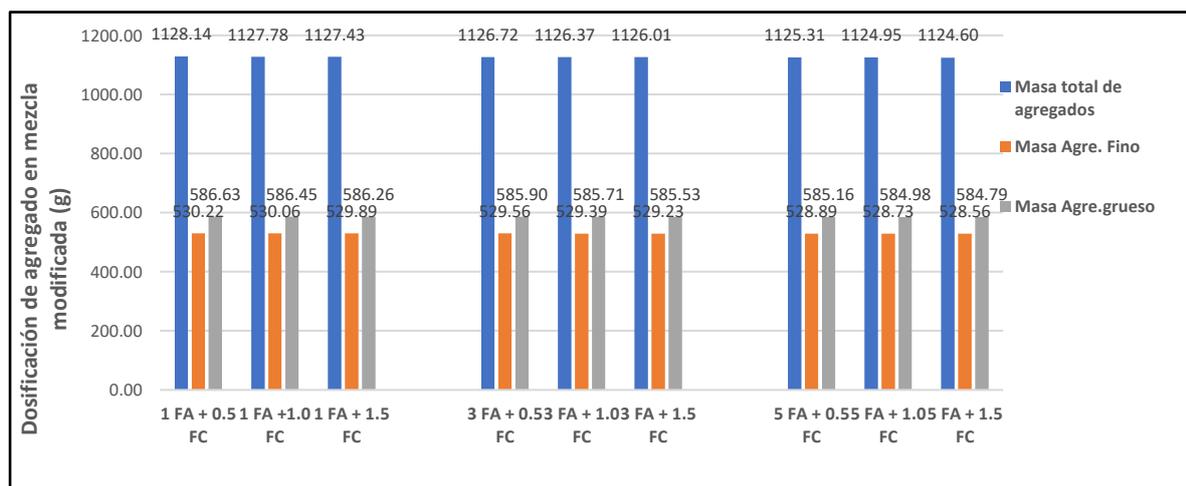
Diseño Marshall - muestra modificado	M1 (1%FA; 0.5%CR)	M2 (1%FA; 1%CR)	M3 (1%FA; 1.5%CR)	M4 (3%FA; 0.5%CR)	M5 (3%FA; 1%CR)	M6 (3%FA; 1.5%CR)	M7 (5%FA; 0.5%CR)	M8 (5%FA; 1%CR)	M9 (5%FA; 1.5%CR)	Permisible
Golpes	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
% C.A.	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	-
P. Unitario	2.30	2.31	2.31	2.31	2.34	2.32	2.32	2.35	2.32	-
% Vacíos	6.20	5.37	4.18	6.30	5.52	3.56	5.99	5.67	4.45	3 - 5
%V.M.A.	18.73	18.37	18.23	18.39	17.39	18.17	18.00	17.14	17.95	14
V.LL.CA.	66.76	66.54	71.70	65.80	66.76	68.77	65.60	61.91	67.98	-
Polvo/Asfalto	0.93	0.97	0.97	0.90	0.87	0.88	0.69	0.69	0.69	0.6 - 1.3
Flujo	16.30	15.62	13.20	15.28	14.24	13.51	16.22	15.16	13.02	41852.00
Estabilidad (min)	22.58	22.63	23.19	22.06	22.98	21.60	26.05	25.31	23.87	8.15 kN.
Estabilidad/Flujo	3649.58	3809.49	3613.56	3800.23	3990.95	3706.89	4181.56	4059.25	3633.40	1700 - 4000

Referente al tercer objetivo específico estimar el diseño de mezclas asfálticas caliente patrón con adiciones de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino, se tiene:



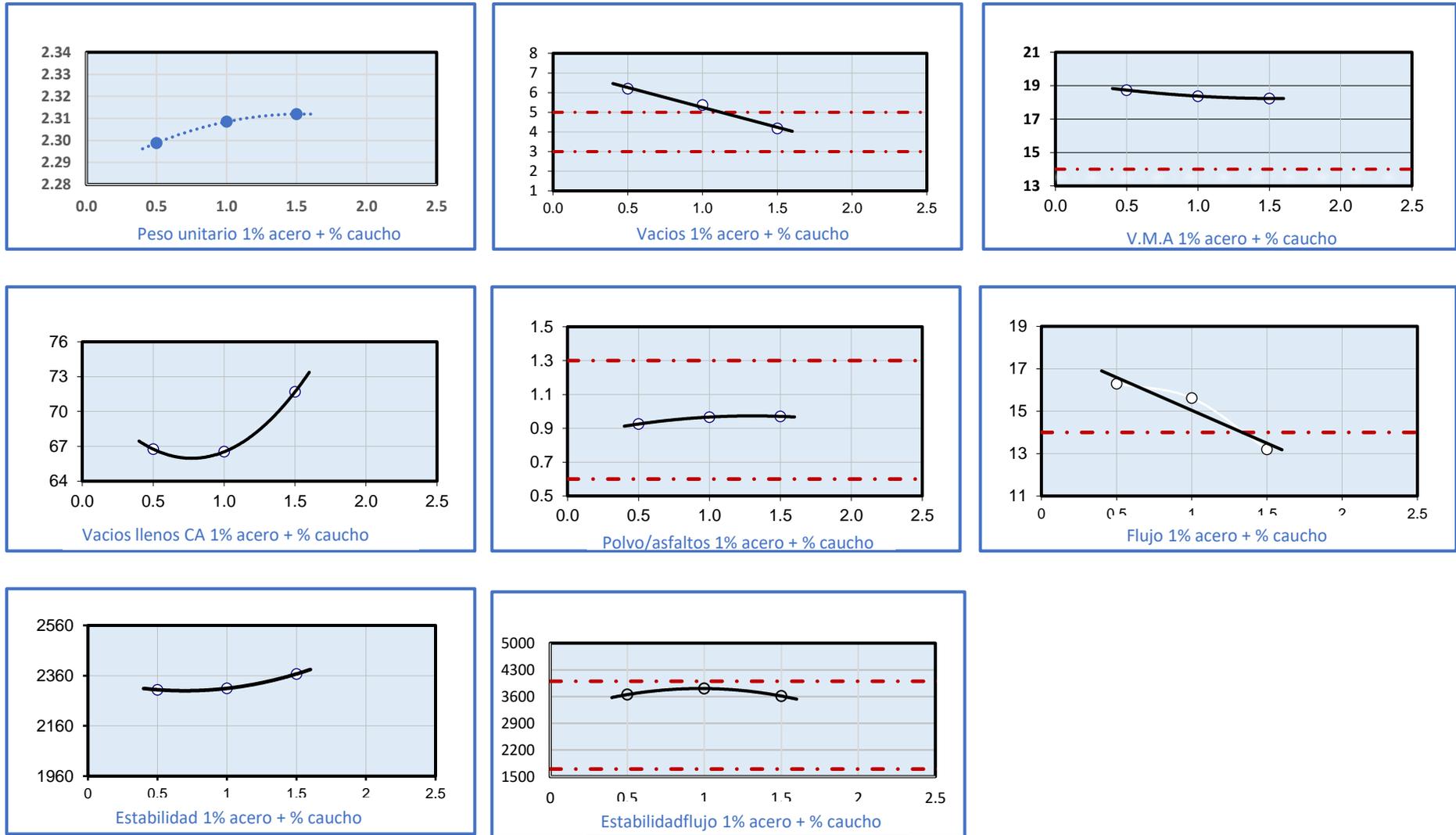
**Fig. 28.** Diseño de mezcla en combinación de FA y FC

Nota: Se puede visualizar en la figura N°28 los resultados en combinación de fibra de acero y fibra en caucho en dosificaciones controladas, siendo el mayor resultado agregando al diseño asfáltico 5% de fibra de acero con 1.5% en fibra de caucho, dando un valor de FA 3.540g y FC arrojando un valor de 1.062g a diferencia del resto de pesos dosificados.

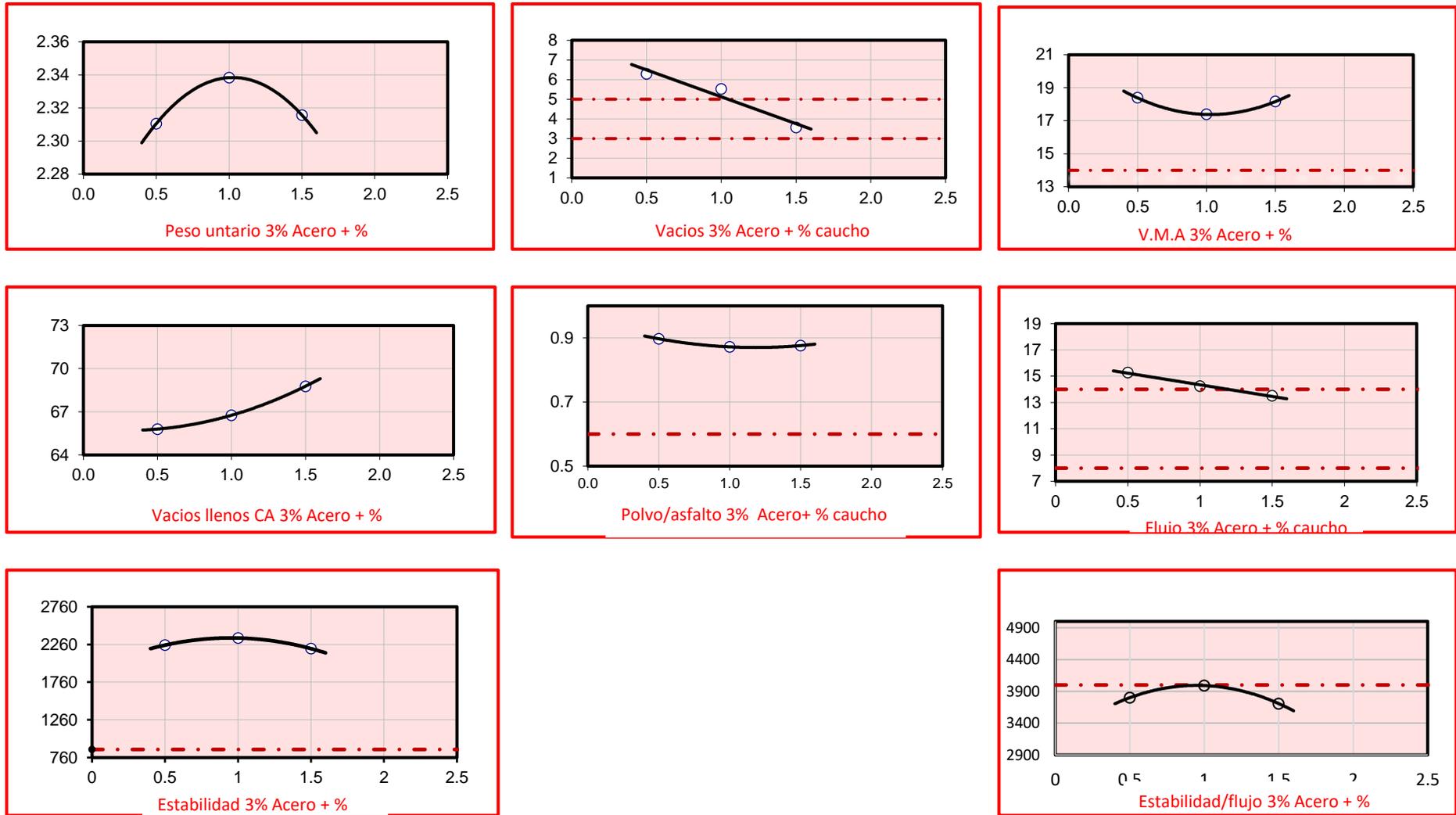


**Fig. 29.** Resultados de mezclas modificadas en FA y FC

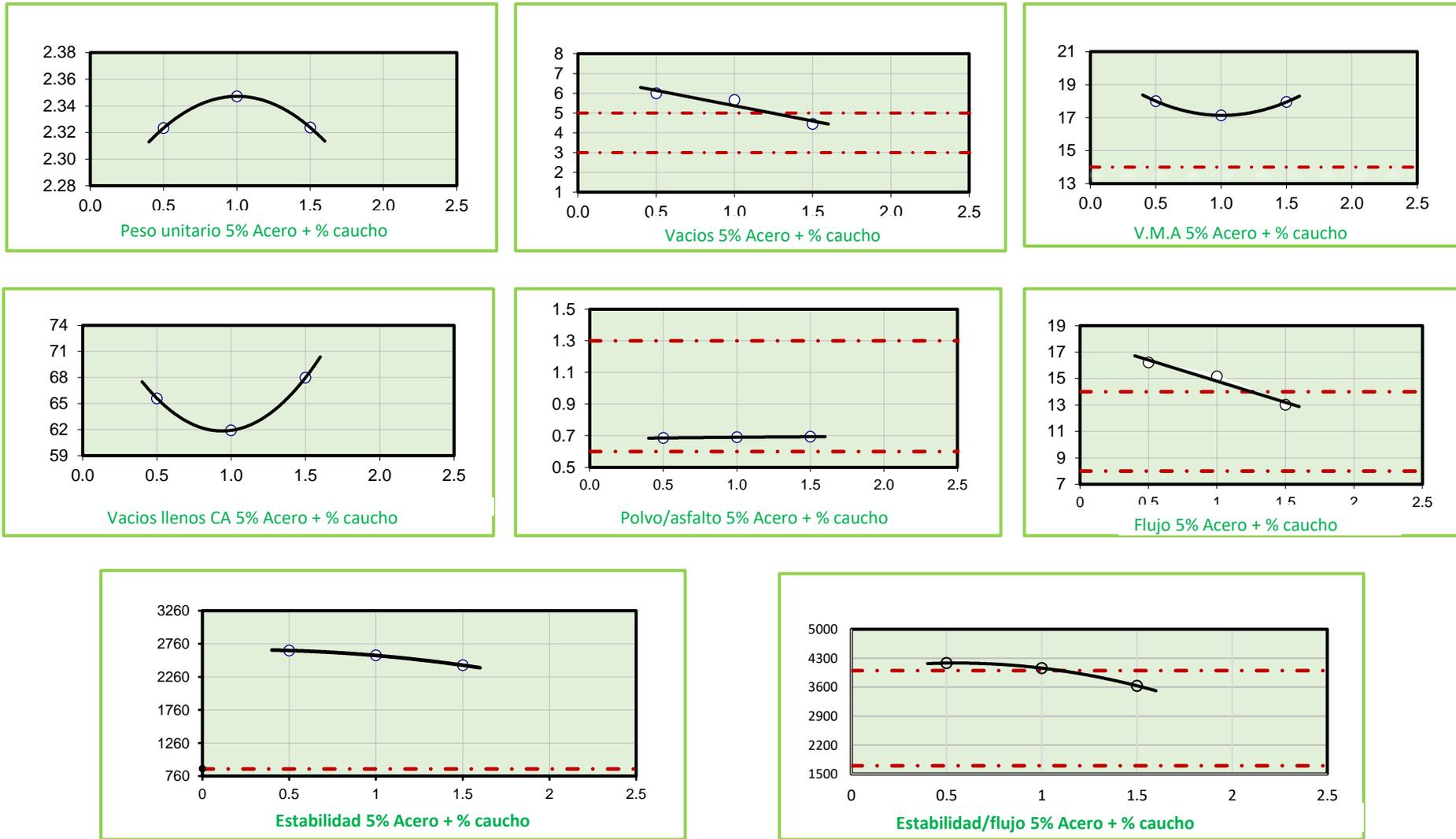
Nota: Se muestra resultados en masa de agregado arrojando un valor de 1128.14g, para masa en agregado fino 530.22 g y por último para agregado grueso un valor de 586.63g



**Fig. 30.** Mezcla al 1% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%



**Fig. 31.** Mezcla al 3% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%

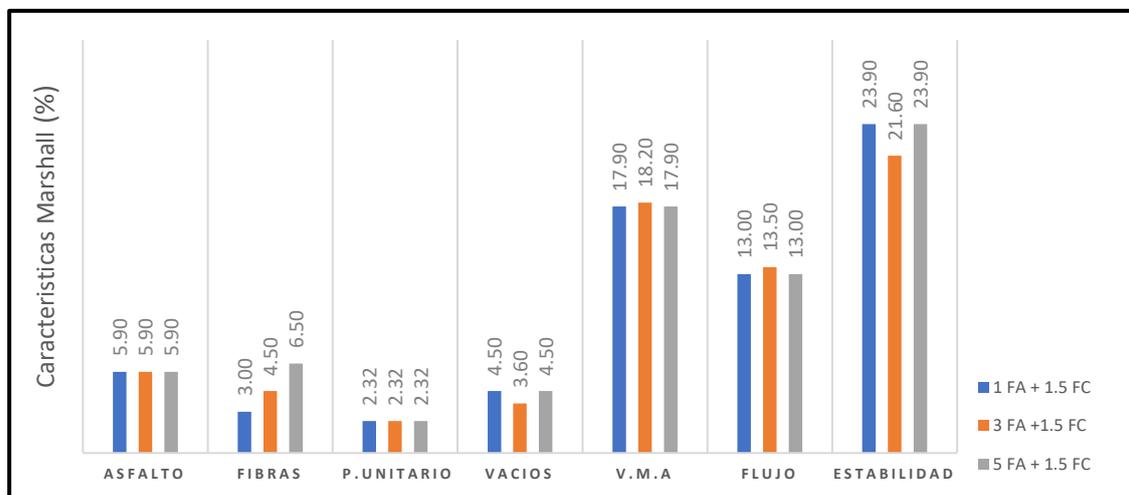


**Fig. 32.** Mezcla al 5% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%

Nota: En las figuras 30, 31 y 32 se muestran resultados categóricos con adición del 1%, 3%, 5% de acero con caucho al 0.5%, 1% y 1.5%, como se muestra en peso unitario de especímenes en mezclas asfálticas compactadas de granulometría densa y para los demás ensayos mostradas en ensayos a vacíos, V.M.A, polvo asfáltico, flujo y estabilidad.

**Referente al cuarto objetivo específico, se determina el diseño óptimo de mezclas asfáltica caliente con adición de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino.**

Para ello se muestra la siguiente figura:



**Fig. 33.** Resultados en mezclas asfálticas de FA y FC

Nota : Como se visualiza en la figura N°33 muestran las dosificaciones de 1FA al 0.50% mostrando resultados en cantidad de cemento asfáltico 5.90%, cantidad de fibras 1.50%, peso unitario 2.32%, vacíos 4.50%, V.M.A al 17.90 %, flujo al 13.00%, estabilidad 23.90 kN, para los resultados en 3 FA en 1.0% de FC muestran resultados, peso unitario al 2.32%, vacíos 3.60%, V.M.A al 18.20%, asfáltico 0.88%, flujo 13.50%, estabilidad 21.60%, y por ultimo dosificación en 5% de FA Y 1.50% DE FC muestran resultados, peso unitario 2.32%, vacíos 4.50%, V.M.A al 17.90%, flujo 13.00%, estabilidad con un valor arrojado al 23.90%, en su mejor resultado.

**Comparar el nivel de autorrecuperación de los diseños óptimos con fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% para diseños experimentales.**

A continuación, los resultados obtenidos para la autorrecuperación de mezclas asfálticas, cuyos valores fueron inducidas a calor a través del calentamiento en microondas y sometidas a ensayo de flexión en tres puntos para probetas semicirculares, en función de ciclo para nivel de autorrecuperación.

**Tabla XV .**

Resultados a nivel de autorrecuperación

<b>Autorrecuperación</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>1% de acero + 1.5% de caucho</b>	<b>3% de acero + 1.5% de caucho</b>	<b>5% de acero + 1.5% de caucho</b>
1er ciclo	250	150	50.25	52.63	50.51
2do ciclo	250	150	20.85	21.84	18.44
3cer ciclo	250	150	12.64	10.92	15.86

Nota: En la tabla N° 14 se muestra la autorrecuperación de los óptimos de cada muestra comenzando desde el primer ciclo en porcentajes del 1% de acero más 1.5% de caucho con tiempo de 250 seg, 150°C, arrojando 50.25% de nivel de autorrecuperación, para segundo ciclo el mismo porcentaje, tiempo y temperatura arrojando 20.85 % de nivel de autorrecuperación, y por ultimo con el mismo porcentajes de adición, tiempo y temperatura, arrojando un 12.64 % de autorrecuperación, para el porcentaje del 3% de acero más 1.5 % de caucho con la mismo tiempo y temperatura arroja en el primer ciclo 52.63 %, para segundo ciclo 21.84 %, para tercer ciclo 10.92 % en nivel de autorrecuperación. Por último, tenemos los porcentajes de 5% de acero más 1.5 % de caucho dando el mismo tiempo y temperatura párrafos anteriores arronado valores en el primer ciclo con 50.51 %, para segundo ciclo 18.44 %, y para tercer ciclo 15.86 % de nivel de autorrecuperación.

### 3.2. Discusión

Las propiedades mecánica de los agregados a utilizar muestran un gran desempeño en el diseño de mezclas asfálticas, arrojando en el análisis granulométrico resultados categóricos para agregado fino donde muestra un porcentaje de absorción del 0.806 % y una durabilidad en 6.10%, un peso específico en masa en  $2.621 \text{ gr/cm}^3$  determinando el mejor agregado en su determinación, y para agregado grueso un porcentaje de absorción del 0.70%, una durabilidad del 4.70% un peso específico de masa del  $2.590 \text{ gr/cm}^3$ , un peso unitario seco húmedo de  $1266 \text{ kg/m}^3$ , un peso unitario suelto seco de  $1255 \text{ kg/m}^3$ , un contenido de humedad de 0.88%, es por ello que si analizamos las investigaciones de Quipusco y Vander., [24], y mencionan que la clasificación del agregado a tratar tiene que ser exhaustiva ya que depende de ello que muestre mejores resultados como lo es en este estudio adicionar siderúrgico por agregado grueso en el asfalto en adiciones al 0.0%, 50.00%, 75.00%, 100.00% en relación al peso total, dando como resultado aumenta un 35.8% en mejorar sus propiedades mecánica en las mezclas asfálticas logrando cumplir con el mejor óptimo de remplazo al 12.5% en su mejor determinación, respaldando la investigación realizada, ya que tiene un parecido en los ensayos demostrados, a diferencia Álvarez et al., [57], refieren su respaldo a la investigación dada ya que se asemeja a su investigación referente a los agregados y dosificaciones al 0%, 20%, 40%, 60%, 80% en fracción 5-13mm y en termino de asfalto 4%, 4.5%, 5%, se utilizó el método de Marshall para concreto asfáltico en términos de densidad, vacíos, estabilidad y deformación, en los resultados agregando un 40% de agregado por sustitución brinda un excelente comportamiento en fracción de 5-13mm, concluyeron que agregando dosificaciones exactas proporciona grandes beneficio y aumento de resistencia al diseño de mezclas del asfálticas, esta nueva forma de alternativa constructiva agregando residuos como fibra de acero y caucho triturado como fibra brinda un aumento a la resistencia en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente en el ámbito de la pavimentación.

Referente a las propiedades mecánicas patrón de las mezclas asfálticas en caliente se puede mostrar resultados en absorción con un valor determinado de 0.70%, en abrasión con 12.94 %, partículas chatas y alargadas con 6.60 %, durabilidad 5.50%, partículas fracturadas 72.40%, una cara fracturada arrojando un valor de 79.60%, y para dos o más caras fracturadas con un valor de 72.40 %, cabe mencionar que si comparamos esta investigación con la de Vigo, [58], referente a la misma investigación da su respaldo a ello, ya que menciona que mediante el ensayo Marshall adicionando fibra de acero, se realizó 48 briquetas en 3 muestras y 4 diferentes adiciones al 0%, 5%, 10%, 12%, en residuo , utilizando el método Marshall, en sus resultados mostro un aumento al 10% de adición generando así mejor desempeño, cabe precisar que adicionando porciones mínimas brindan un gran aporte al diseño de asfalto en pavimento, apoyando la investigación realizada, por otro lado refiere en su investigación ya demostrada según Tan, Eng y Jiann., [8], describen que método Marshall evalúa el diseño en mezclas caliente incluyendo residuo como caucho en pequeños porcentajes en grado convencional muy denso, por otro lado, agregados triturados en contenido de betún al 5.0% y 7.0% en contenido de CR al 0%, 1%, 2%, 4% con una dimensión del 0.71mm, 2mm, 2.36mm mediante el proceso seco. Esto genera un gran avance en la tecnología constructiva donde los residuos en fibra de acero y caucho triturado brindan un gran aporte en el proceso constructivo.

Referente al estimar el diseño de mezclas asfálticas caliente patrón con adiciones de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino, se tiene en los resultados una combinación de fibra de acero y fibra en caucho en dosificaciones controladas, siendo el mayor resultado agregando al diseño asfáltico 5% de fibra de acero con 1.5% en fibra de caucho, dando un valor de FA 3.540g y FA arrojando un valor de 1.062 a diferencia de los demás ensayos demostrados, cabe recalcar que mediante las investigaciones de Sánchez., [16], refiere que se busca interpretar el comportamiento que tiene al agregar caucho al diseño de mezcla para brindar resistencia requerida, se busca comprobar la efectividad que ofrece este tipo de caucho logrando aumentar resistencia, durabilidad y trabajabilidad, al adicionar 1.00%, y 2.00% de caucho usando el método Marshall, en sus resultados nos refiere que al adicionar 1% de residuo caucho proporciona que el óptimo tiene a tener mayor estabilidad,

en términos generales el 1% es resultados más óptimo de toda la investigación demostrada. Apoyando así a esta investigación demostrada, ya que al adicionar estos residuos en pequeñas dosis tiene aumentar y obtener la resistencia requerida, por otro aporte en mención nos direccionamos a que según las investigaciones de Cuba y Santos., [18], y compañía no apoyan el estudio realizado ya que en esta investigación se buscó interpretar las propiedades del neumático en residuos para el asfalto, donde se realizó dosificaciones en caucho granular al 1%, 3%, 5%, se trabajó a ensayos determinados de método de Marshall , en sus resultados mostro un incremento 4.3 a 6.9 con la dosificación al 5.00% en caucho, cabe mencionar que la adición del caucho granulado como residuo tiene un efecto negativo en resistencia en mezcla asfáltica. Por otro contexto podemos plantear según la investigación de Iberico., [58], por este lado si da su apoyo y está de acuerdo con lo investigado ya que los resultados depende a las adiciones que se agregue al diseño de mezcla, es por ello que se realizó diseñar mezclas asfálticas donde se utilizó dosificaciones al 5.00%, 10.00%, 12.00% de residuo de fibras de acero, utilizando el método Marshall, en sus resultados mostro un aumento al 10.00% de adición generando así mejor desempeño, por ultimo aporte refiere que la investigación según Chen at al., [59], y colaboradores nos menciona que se diseñaron mezclas graduadas en porcentajes de 2.6%, 3.4%, 3.7%, 4.1%, 4.5% en peso de la mezcla, a través de cálculos estadísticos se ven los resultados a influencia y formación de sucos para un tráfico de bajo volumen, en términos generales mejoró las mezclas asfálticas en el desempeño a la temperatura, respaldando así la investigación demostrada, esto conlleva a reforzar este tipo de estudio con este tipo de variable a utilizar en el diseño de mezclas de asfalto en caliente.

Correspondiente al diseño óptimo de mezclas asfáltica caliente con adición de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino, se pudo obtener por muestran las dosificaciones de 1%FA y 1.50%FC mostrando resultados en asfalto 5.90%, fibras de acero y caucho 1.50%, peso unitario 2.32 kg/m<sup>3</sup>, vacíos 4.50%, V.M.A al 17.90 %, en asfáltico 0.69%, flujo al 13.00%, estabilidad 23.90kN, para los resultados en 3% FA y 1.5% de FC muestran resultados en asfalto un 5.90%, fibras de acero y caucho 4.50%, peso unitario al 2.32kg/m<sup>3</sup>, vacíos 3.60%, V.M.A al 18.20%, asfáltico 0.88%, flujo 13.50%,

estabilidad 21.60kN, y por ultimo dosificación en 5% de FA Y 1.50%FC muestran resultados para asfalto 5.90%, fibras de acero y caucho 6.50%, peso unitario 2.32 kg/m<sup>3</sup>, vacíos 4.50%, V.M.A al 17.90%, asfáltico 0.69%, flujo 13.00%, estabilidad con un valor arrojado al 23.90kN, en su mejor resultado, es por ello que comparamos o asimilamos los resultados obtenidos con la investigación según Correa y Tesen., [21], describen que busca determinar el nivel de autorreparación que produce al agregar estos residuos como aglomerante al diseño en mezcla del asfalto en caliente, se realizó la dosificación en fibra de acero en 2%, 4%, 8% y en caucho 0.5%, 1%, 2%, en lo cual se llevaron procesos de 3 ciclos para cada porcentaje en muestra, con sus resultados mostro que el óptimo en patrón es de 5.8% y para el segundo objetivo mostro 9 mezclas modificadas a dosificación mínima logrando una mejora en el aumento de autorrecuperación con estos desechos reciclados, siendo que las 3 pruebas en mezclas si cumplen con el propósito esperado en mejora, incorporando 2.00% en fibras acero y 2.00% en caucho, lo cual los parámetros de autorreparación es de diferencia entre 3 a 4 minutos, esto conlleva a dar su aporte a este estudio, por otro lado podemos comparar las investigaciones de Cabrera y Malca., [22], y colaborador donde respalda la investigación demostrada ya que se realizó utilizar pequeños porcentajes en agregado fino dejando si más proporción al agregado grueso, se utilizó el método Marshall, dando así buena estabilidad y flujo adicionando porcentajes mínimos de caucho reciclado en lo que le da estabilidad y flujo al diseño en el pavimento, proporcionando % de vacíos y un buen diseño asfáltico, por ultimo aporte según Quiñones., [19], nos menciona que utilizando el ensayo Marshall, se pudo saber la resistencia a compresión y flexión, se puso en muestra 4 tipos de adoquines con remplazo al 3%, 6%, 9% de volumen de caucho reciclado con agregados, originando un aumentó al 3.00% de resistencia, es por ello que respalda la investigación demostrada por tratarse de un aditivo aglomerante al diseño de mezcla brinda un buen aporte para la pavimentación.

Comparar el nivel de autorrecuperación de los diseños óptimos con fibras de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% para diseños experimentales, se pudo obtener una autorrecuperación en mezclas asfálticas en dosificaciones como se muestra en la figura plasmada en el primer ciclo con adición del 1% de FA y 1.5% de FC arrojando un valor

determinado 50.25% con una misma temperatura 150°C con una carga máxima a 201.3 kgf, segundo ciclo un 20.85% con una carga máxima de tracción de 83.5kgf, y tercer ciclo arrojando un valor de 12.54% con una carga máxima a tracción de 50.60 kgf, en la dosificación del 3% de FA y 1.5% de FC mostrando en primer ciclo 52.63%, segundo ciclo 21.84%, tercer ciclo 10.92% con la misma temperatura de 150°C por último podemos observar adicionando un 5% FA y 1.5% FC en primer ciclo 50.51%, segundo ciclo 20.96%, tercer ciclo 12.70% con una misma temperatura para todos, cabe recalcar que estos residuos al ser incorporado a la diseño genera un gran aporte para la autorrecuperación en las mezclas asfálticas en caliente, cabe mencionar que si comparamos los resultados con la investigación de Fakhri et al., [1], y colaboradores hacen mención a las ventajas que tiene el agrietamiento a baja temperatura, la cual se adopta una solución de técnica en el asfalto autorrecuperable, se utilizó residuo en acero a 3 tiempos en autocuración al 20, 30, 40 s, la cual demuestra con esto que la fibra de acero se agrega masilla arroja un mayor grado de resistencia tanto humedad y lo que es surcos, y mejor temperatura en toda la superficie de la muestra, dando su respaldo a la investigación dada, por otro contexto podemos mencionar que los estudios de Yalcin., [60], refiere que proporciones incluidas con intervalos en frio de 2.36% a 0.5% en un rango de 2.36 – 0.5mm, 50% y 100% en sustitución del agregado de piedra, la cual se utilizó métodos diferentes de 40, 60, 80, 100 en tiempos de 5 ciclos de curación, donde redujo el rendimiento de curación, dando su aporte en la investigación mencionada ya que se asemejan el mismo procesamiento pero con adiciones diferente, es por ello que mencionamos que según Yang et al., [61], y colaboradores refieren que en el diseño se realizó 3 fibras como material absorbente de microondas, en términos generales residuos en carbón, fibra en acero, para fabricación de mezclas asfálticas autorrecuperables donde se evaluaron sus propiedades mecánicas, se recomienda la fibra de acero para las mezclas asfálticas autorreparables, quedando demostrado que si apoyan a la investigación demostrada por este estudio, por ultimo aporte según Correa y Tesen., [21], describen que los residuos como aglomerante al diseño en mezcla del asfalto en caliente, en adición a fibra de acero en 2%, 4%, 8% y en caucho 0.5%, 1%, 2%, en lo cual se llevaron procesos de 3 ciclos para cada porcentaje en muestra, es por ello que mostró que el óptimo en patrón es de 5.8% y para la segunda

muestra mostró 9 mezclas modificadas a dosificación mínima logrando una mejora en el aumento de autorrecuperación con estos desechos reciclados, en términos generales se puede decir que 3 pruebas en mezclas si cumplen con el propósito esperado, lo cual los parámetros de autorreparación es de diferencia entre 3 a 4 minutos, logrando así respaldar esta investigación por lo antes mencionado, generando un buen aporte en el ámbito de la pavimentación.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Que las propiedades de los agregados cumplen la medida de calidad que rigen la norma, arrojando un buen porcentajes en resultados para agregado fino, en absorción al 0.806 %, durabilidad al 6.10%, peso específico en masa  $2.621\text{gr}/\text{cm}^3$  determinando el mejor agregado a comparación de los demás materiales y para agregado grueso muestra en su categoría un buen desempeño en absorción del 0.70%, durabilidad 4.70%, peso específico de masa del  $2.590\text{gr}/\text{cm}^3$ , peso unitario seco húmedo de  $1266\text{kg}/\text{m}^3$ , peso unitario suelto seco de  $1255\text{kg}/\text{m}^3$ , contenido de humedad de 0.88%, peso unitario compactado húmedo de  $1377\text{kg}/\text{m}^3$ , peso unitario compactado seco en  $1365\text{kg}/\text{m}^3$ , en su determinación con el propósito de obtener un buen desempeño en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

Que el diseño de mezcla patrón en mezclas asfálticas en caliente para un tránsito pesado, realizado por el método Marshall teniendo como resultado un asfalto óptimo de 5.90% mejor adherencia y fluidez en la compactación de la muestra, teniendo en vacíos 3.9, estabilidad 16kN, flujo 12.8, esto quiere decir valores en el rango establecido, en absorción con un valor de 0.70%, abrasión 12.94 %, partículas chatas y alargadas al 6.60 %, durabilidad 5.50%, partículas fracturadas 72.40%, una cara fracturada arrojando un valor de 79.60, y para dos o más caras fracturadas con un valor de 72.40 % en su determinación dada.

Que al estimar el diseño de mezclas asfálticas caliente patrón con adiciones de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino, muestra que a través del método Marshall se pudo determinar 3 diseños óptimos de muestra modificada en combinación de fibra de acero y fibra en caucho en dosificaciones controladas, siendo el mayor resultado agregando al diseño asfáltico 5 de fibra de acero con 1.5% en fibra de caucho, dando un valor de FA 3.540g y FC arrojando un valor de 1.062g a diferencia de los demás ensayos demostrados.

Que el diseño óptimo de mezclas asfáltica caliente con adición de fibra de acero al 1%, 3%, 5% y caucho al 0.50%, 1.00%, 1.50% en relación al peso del agregado fino muestra un combinación en diseño asfáltico agregando FA y FC mostrando un resultado óptimo en mejor combinación al 1 FA con 1.5 FC en masa 1128.14g, en masa en agregado fino 530.22g y en agregado grueso con un valor de 586.63g como resultado categórico y en dosificaciones mostrando en asfalto 5.90%, fibras y caucho 1.50%, peso unitario 2.32 kg/m<sup>3</sup>, vacíos 4.50%, V.M.A al 17.90 %, en asfalto 0.69%, flujo al 13.00%, estabilidad 23.90, para los resultados en 3% FA en 1.5% de FC muestran resultados en asfalto un 5.90%, caucho 4.50%, peso unitario al 2.32 kg/m<sup>3</sup>, vacíos 3.60, V.M.A al 18.20, asfáltico 0.88%, flujo 13.50%, estabilidad 21.60, y por ultimo dosificación en 5% de FA Y 1.50% DE FC muestran resultados para asfalto 5.90%, fibras y caucho 6.50%, peso unitario 2.32 kg/m<sup>3</sup>, vacíos 4.50%, V.M.A al 17.90%, asfáltico 0.69%, flujo 13.00%, estabilidad con un valor arrojado al 23.90, en su mejor resultado.

Que para determinar el nivel de autorrecuperación de los diseños óptimos se tiene la muestra la autorrecuperación de los óptimos de cada muestra comenzando desde el primer ciclo en porcentajes del 1% de acero más 1.5% de caucho con tiempo de 250 seg, 150°C, arrojando 50.25% de nivel de autorrecuperación, para segundo ciclo el mismo porcentaje, tiempo y temperatura arrojando 20.85 % de nivel de autorrecuperación, y por ultimo con el mismo porcentajes de adición, tiempo y temperatura, arrojando un 12.64 % de autorrecuperación, para el porcentaje del 3% de acero más 1.5 % de caucho con la mismo tiempo y temperatura arroja en el primer ciclo 52.63 %, para segundo ciclo 21.84 %, para tercer ciclo 10.92 % en nivel de autorrecuperación. Por último, tenemos los porcentajes de 5% de acero más 1.5 % de caucho dando el mismo tiempo y temperatura párrafos anteriores arrojando valores en el primer ciclo con 50.51 %, para segundo ciclo 18.44 %, y para tercer ciclo 15.86 % de nivel de autorrecuperación.

## **4.2. Recomendaciones**

Realizar una evaluación exhaustiva de los agregados de diferente cantera con el fin de determinar el material de calidad que cumpla con el estándar indicado por el reglamento técnico peruano.

Evaluar mediante laboratorio físicos químicos la fibra de acero y caucho para tener más precisión sobre sus propiedades que ejercen estos residuos con el propósito de realizar un buen diseño de mezcla asfáltica.

Proporcionar adecuadamente la cantidad exacta del material que se va a emplear en el diseño de mezcla asfáltica ya que puede alterar su resistencia si no se tiene cuidado.

Adicionar fibra de acero en dimensión máxima de 5 mm ya que al proporcionar mayor su longitud no se distribuye de manera uniforme en el proceso de mezclado y puede alterar resultados futuros.

Incrementar y disminuir la temperatura, ya que esto dependerá analizar su variación de autorrecuperación en diferentes tiempos, para definir y ampliar el comportamiento del diseño asfáltico y su autorrecuperación.

## REFERENCIAS

- [1] M. Fakhri, B. B. Bahmai, S. Javadi and M. Sharafi, "Una evaluación de las propiedades mecánicas y de autorreparación de mezclas asfálticas tibias que contienen aditivos de chatarra," *Revista de producción más limpia*, vol. 253, p. 119963, 2020.
- [2] M. A. Franesqui, J. Yepes and C. García-González, "Autocuración de grietas de arriba hacia abajo de pavimentos asfálticos con relleno de acero a partir de residuos industriales aplicando microondas," *Construcción y Materiales de Construcción*, vol. 149, pp. 612-620, 2017.
- [3] a. Gonzalez, J. Norambuena-Contreras, L. Storey and E. Schlangen, "Propiedades de autorreparación de mezclas asfálticas recicladas que contienen residuos metálicos: una aproximación a través del calentamiento por radiación de microondas," *Diario de Gestión Ambiental*, vol. 214, pp. 242-251, 2018.
- [4] J. L. Concha and J. Norambuena-Contreras, "Propiedades termofísicas y rendimiento térmico de mezcla asfáltica autorreparable con fibras y su aplicación como colector solar," *Ingeniería Térmica Aplicada*, vol. 178, p. 115632, 2020.
- [5] E. Schlangen, a. gonzalez and J. Norambuena-Contreras, "Efecto de la adición de RAP y fibras en mezclas asfálticas con propiedades de autorregeneración obtenidas mediante calentamiento por radiación de microondas," *Construcción y Materiales de Construcción*, vol. 159, pp. 164-174, 2018.
- [6] c. li, S. Wu, Z. Chen, G. Tao and Y. Xiao, "Propiedades mejoradas de liberación de calor y autocuración de materiales asfálticos a base de relleno de escoria de acero bajo irradiación de microondas," *Construcción y Materiales de Construcción*, vol. 193, pp. 32-41, 2018.
- [7] B. Liang, F. Lan, K. Shi, G. Qian, Z. Liu and J. Zheng, "Revisión de la autocuración de los materiales asfálticos: Mecanismo, factores que afectan, evaluaciones y mejoras," *Construction and Building Materials*, vol. 266, pp. 1-24, 2021.
- [8] E. H. Tan, E. M. Zahran and S. J. Tan, "El uso óptimo de caucho triturado en mezcla asfáltica en caliente por proceso seco: una investigación de laboratorio utilizando el diseño de mezcla Marshall," *Ingeniería de Transporte*, vol. 10, p. 100145, 2022.
- [9] D. Yinfei, W. Jiacheng and C. Jiaqi, "Enfriamiento del pavimento asfáltico mediante el aumento de la conductividad térmica de la mezcla asfáltica de fibra de acero," *Solar Energy*, vol. 217, pp. 308-316, 2021.
- [10] XuYang, Z. You, D. Perram, D. Hand, Z. Ahmed, W. Wei and S. Luo, "Análisis de emisiones de asfalto modificado con caucho de llanta reciclado en condiciones de mezcla caliente y tibia," *Diario de materiales peligrosos*, vol. 365, pp. 942-951, 2019.
- [11] S. e. m. d. Tahami, A. F. Mirhosseini, H. Mork and A. Kavussi, "El uso de alto contenido de caucho de granulado fino en mezclas asfálticas mediante proceso seco," *Construcción y Materiales de Construcción*, vol. 222, pp. 643-653, 2019.

- [12] D. X. Yang, Z. You, M. R. M. H. Ph.D, A. D. Ph.D, H. Shao and D. Ge, "Desempeño ambiental y mecánico de una mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho desmenuzado utilizando Evotherm," Revista de producción más limpia, vol. 159, pp. 346-358, 2017.
- [13] Á. Fariña, M. Kutay and A. Anctil, "Evaluación ambiental de mezclas asfálticas modificadas con caucho recubierto de polímeros a partir de llantas de desecho," Journal of Cleaner Production, vol. 418, p. 138090, 2023.
- [14] M. Bilema, M. Aman, N. Hassan, M. Haloul and S. Modibbo, "Influencia de las partículas del tamaño de la goma triturada sobre el daño por humedad y la resistencia de la mezcla asfáltica en caliente," materialstoday : PROCEEDINGS, vol. 42, no. 05, pp. 2387-2391, 2021.
- [15] G. F. Chávez, Y. A.H, D. R. Cabrera, C. L. Chipre, F. C. Montes and J. A. Orozco, "Determinación de la cantidad óptima de fibras de acero para la elaboración de concreto de cemento Portland para losas de pavimento rígido," Actas de la multiconferencia internacional LACCEI de ingeniería, educación y tecnología, p. 152362, 2019.
- [16] H. M. Sánchez Córdova, "Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura," Piura, 2021.
- [17] A. A. Meza Quispe, "Implementación de grano de caucho reciclado para el mejoramiento de la mezcla asfáltica para un pavimento flexible en Ica, 2021," Lima Norte, 2022.
- [18] J. Y. Cuba De La Cruz and F. Santos Salvador, "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente incorporando neumáticos reciclados para un pavimento flexible, Junín 2021," 2021.
- [19] R. Quiñones Lenés, "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del pavimento articulado adicionando caucho reciclado para el tránsito de vehículos ligeros, Lima-2020," Lima Norte, 2020.
- [20] J. M. Llactas Aguilar and M. Velásquez Campos, "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021," Lima Norte, 2021.
- [21] A. A. Segundo Correa and C. C. Tesen Bravo, "Autorreparación bajo inducción de calor de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibras de acero y caucho, Chiclayo 2021," Pimentel, 2021.
- [22] B. N. Bravo Cabrera and J. L. Montalvo Malca, "Desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente con adición de caucho: caracterización del nuevo material," 2019.
- [23] L. O. Calva Herrera, "Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero," 2020.
- [24] F. K. L. Quipusco Villalobos and D. V. Villegas Villegas, "EFECTOS DE SUSTITUIR AGREGADO GRUESO CONVENCIONAL POR SIDERÚRGICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE," 2019.

- [25] Tejada Brioso, Nicolai Alvin, "Diseño de una mezcla asfáltica ecológica usando polietileno de tereftalato (PET) reciclado y caucho molido," 2022.
- [26] J. Danos, "Nuevo Reglamento aplicable a los Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición," 2022. [Online]. Available: <https://www.echecopar.com.pe/publicaciones-nuevo-reglamento-aplicable-a-los-residuos-solidos-de-la-construccion-y-demolicion.html#:~:text=Son%20aquellos%20materiales%20o%20sustancias,%C3%BAltimo%20caso%2C%20su%20disposici%C3%B3n%20final..>
- [27] C. A. Miranda Centeno and M. E. Rado Moreno, "Propuesta de concretos reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimentos rígidos en la región de Apurímac.," 2019.
- [28] N. A. Molina Guerrero, "Propuesta de mejoramiento de pavimento rígido usando fibras de acero en la Avenida Circunvalación-Distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021," Piura , 2021.
- [29] Y. M. Lopez Asencios, "Adición de fibras recicladas de polipropileno y acero para evaluar las propiedades del concreto hidráulico de un pavimento rígido, Lima 2022," Lima Norte , 2022.
- [30] J. S. Asenjo Bustamante, "Caracterización de las Propiedades Físico - Mecánicas del Concreto Incorporando Caucho Desmenuzado," Pimentel, 2023.
- [31] Tejada Brioso, Nicolai Alvin, "Diseño de una mezcla asfáltica ecológica usando polietileno de tereftalato (PET) reciclado y caucho molido," Pimentel, 2022.
- [32] M. E. Silvera Lima, C. H. Contreras Martínez and D. P. Mamani Vilcatoma, "Reducción de la deformación permanente en pavimentos diseñados con mezclas asfálticas en caliente a través de la incorporación de polvo de caucho proveniente de neumáticos usados," Repositorio Académico - UPC, 2019.
- [33] G. Belito Huamani and F. Paucar Chanca, "Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto," 2018.
- [34] N. Khan, F. Karim, Q. B. A. I. Latif Qureshi, S. A. Mufti, M. B. A. Rabbani, M. S. Khan and D. Khan, "Efecto de agregados finos y rellenos minerales en la deformación permanente de mezclas asfálticas en caliente," Sostenibilidad (Suiza), vol. 15, no. 13, p. 10646, 2023.
- [35] R. Tuladhar , A. Marshall and N. Sivakugan, "Uso de áridos de hormigón reciclado para la construcción de pavimentos," Avances en el reciclado de residuos de construcción y demolición, pp. 181-197, 2020.
- [36] B. Han, X. Yu and J. Ou, "Retos del hormigón autodetectable," Hormigón autodetectable en estructuras inteligentes, pp. 361-376, 2018.
- [37] D. B. Qadr and A. F. Talabany, "Evaluación del esfuerzo de compactación de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho triturado," Sostenibilidad (Suiza), vol. 15, no. 10, p. 7839, 2023.

- [38] N. Roy, P. G. Mondal and K. Kumar Kuna, "Índices basados en imágenes de agregados para predecir la resistencia inicial al deslizamiento de pavimentos bituminosos," *Construcción y materiales de construcción*, vol. 400, no. 12, p. 132776, 2023.
- [39] M. F., N. R., G. L and S. A, "Análisis del desempeño de asfaltos de masilla de piedra (SMA) no convencionales elaborados con betún de caucho granulado o mediante adición de macrofibras de vidrio," *Construcción y materiales de construcción*, vol. 400, p. 132654, 2023.
- [40] P. Deb and K. Singh, "Efecto del curado sobre las características de falla de mezclas asfálticas en frío que contienen diferentes rellenos," *Revista iraní de ciencia y tecnología - Transacciones de ingeniería civil*, vol. 47, no. 4, pp. 2467 - 2483, 2023.
- [41] S. N. Aker and H. Ozer, "Enfoque de diseño de mezcla de reciclaje en frío que tiene como objetivo la resistencia a la deformación permanente," *Construcción y materiales de construcción*, vol. 400, p. 132704, 2023.
- [42] R. Pradoto, E. Puri, T. Hadinata and Q. D. Rahman, "Mejora de la resistencia del asfalto poroso: un enfoque experimental con nanomateriales," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 849, pp. 1-9, 2020.
- [43] H. Liu, W. Ge, G. Liang, X. Yang, L. Chen, D. Jin, C. Chu, X. Gong, H. Yu and S. Lv, "Caracterización de las Propiedades de Daño por Fatiga de Matriz de Agregado Fino y Mezcla Asfáltica en Caliente," *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 51, no. 6, p. 00903973, 2023.
- [44] S. Sanei and A. Modarres, "Optimización del reciclaje de asfalto en frío que contiene aditivos ordinarios y de desecho basado en la evaluación del ciclo de vida considerando el nivel de tráfico vial - caso de estudio: Planta de preparación de carbón," *Casos de Estudio en Materiales de Construcción*, vol. 19, p. 02329, 2023.
- [45] A. Aljubory, Z. Teama, H. Salman and H. Abd Alkareem, "Efectos de las fibras de celulosa en las propiedades de las mezclas asfálticas," *Materiales hoy: Actas*, vol. 42, pp. 2941-2947, 2021.
- [46] M. E. Huillcaya Cuchillo, "Influencia de la aplicación de fibra de vidrio y acero en el comportamiento mecánico del concreto para vías de bajo tránsito, Abancay - 2019," Lima Norte, 2019.
- [47] P. M. Iberico, ""Diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo marshall adicionando fibra "Diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo marshall adicionando fibra," *Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil, Tarapoto- Perú*, 2019.
- [48] J. F. Alvinas Arbaiza, "Elaboración de Mezcla Asfáltica Modificada con Botellas Plásticas Recicladas, Aplicando el Método Marshall para Tránsito Pesado," Pimentel, 2023.
- [49] ASTM D 1559 and AASHTO T225, "Diseño de mezclas método Marshall e interpretación de resultados," 2020.
- [50] E. D. Quispe Castro and D. A. Torres Meza, "Diseño de mezcla asfáltica auto reparable mediante inducción de calor, para controlar fallas superficiales de tráfico pesado en vías

metropolitanas de Lima," Facultad de Ingeniería - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima- Perú, 2020.

- [51] J. Norambuena, A. Gonzalez, J. Concha, I. Gonzalez and E. Schlangen, "Efecto de la adición de residuos metálicos sobre las propiedades eléctricas, termofísicas y de curado de grietas por microondas de las mezclas asfálticas," *Construcción y Materiales de Construcción*, vol. 187, pp. 1039-1050, 2018.
- [52] J. Zheng, B. Liang, F. Lan, K. Shi, G. Qian and Z. Liu, "Revisión de la autocuración de los materiales asfálticos: Mecanismo, factores que afectan, evaluaciones y mejoras," *Construction and Building Materials*, vol. 266, pp. 1-24, 2021.
- [53] A. Tabakovic, D. O'Prey, D. McKenna and D. Woodward, "Tecnología de autocuración por microondas como sistema de reparación y mantenimiento de capas de rozamiento de asfalto poroso en aeródromos," *Casos prácticos de materiales de construcción*, vol. 10, pp. 1-9, 2019.
- [54] D. Woodward, A. Tabakovic, D. O'Prey and D. McKenna, "Tecnología de autocuración por microondas como sistema de reparación y mantenimiento de capas de rozamiento de asfalto poroso en aeródromos," *Casos prácticos de materiales de construcción*, vol. 10, pp. 1-9, 2019.
- [55] R. Hernández Sampieri, "Metodología de la investigación," Sexta edición, Mexico, 2018.
- [56] C. Universitario, "RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO N° 058-2023/PD-USS," Pimentel, 2023.
- [57] D. A. Álvarez, A. A. Aenlle, A. J. Tenza-Abril and S. Ivorra, "Influencia de la sustitución parcial de fracción gruesa de árido natural por árido de hormigón reciclado en mezclas asfálticas en caliente," *Sostenibilidad (Suiza)*, vol. 12, no. 1, p. 250, 2020.
- [58] P. M. Iberico Vigo, ""Diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo marshall adicionando fibra de acero en la ciudad de Yurimaguas – 2019"," Tarapoto, 2019.
- [59] s. chen, D. Ge, D. Jin, X. Zhou, C. Liu, S. Lv and Z. You, "Investigación de mezclas asfálticas en caliente con alto contenido de caucho de neumáticos de tierra," *Revista de producción más limpia*, vol. 277, p. 124037, 2020.
- [60] E. Yalcin, "Efectos del calentamiento por microondas e inducción en las características mecánicas y de autorreparación de las mezclas asfálticas que contienen residuos metálicos," *Construction and Building Materials*, vol. 286, pp. 1-14, 2021.
- [61] h. yang, J. Ouyang, Z. Jiang and J. Ou, "Efecto del refuerzo de fibra sobre la capacidad de autocuración de la mezcla asfáltica inducida por calentamiento con microondas," *Construcción y Materiales de Construcción*, vol. 362, p. 129701, 2023.

## **ANEXOS**

## Agregado Fino

### Anexo 01: Absorción



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

#### INFORME

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analf Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. L: FECHA: Diciembre, 2022  
**MUESTRA:**

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.621
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.806

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 02:** Angularidad de arena



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

**INFORME**

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque      **FECHA:** Diciembre, 2022  
**REFERENCIA:** MTC E 222

ENSAYO : ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO  
REFERENCIA : MTC E 222

Identificación:

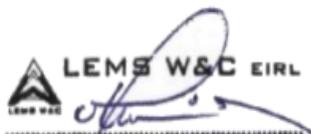
Muestra : Arena Gruesa (Agregado Fino)

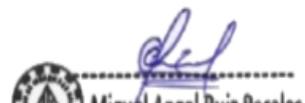
Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO %	35.9
---------------------------------	------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 03: Durabilidad**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

**INFORME**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque		

**ENSAYO :** AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

**REFERENCIA :** NTP 400.016:2020

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa (Agregado Fino) Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

DURABILIDAD (AL SULFATO DE MAGNESIO) %	<b>6.1</b>
--	------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 04: Equivalente de arena



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Email: [servicios@lemswyceirl.com](mailto:servicios@lemswyceirl.com)

**INFORME**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.		

**Ensayo** : SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

**Referencia** : NTP 339.146:2000 (revisada el 2014)

Muestra Planta de Asfalto - Batangrande

<b>EQUIVALENTE DE ARENA (%)</b>	<b>%</b>	<b>61</b>
---------------------------------	----------	-----------

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°4

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 05: Limites de atterberg**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

**INFORME**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque		

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.

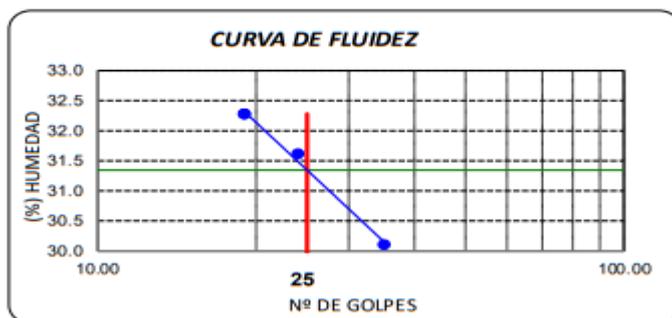
**REFERENCIA** : N.T.P. 399.131

Identificación:

Muestra : Agregado Fino

Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
N° Tara					
N° Golpe	35	24	19	-	-
% Humedad	30.11	31.62	32.28	27.20	28.65



Límite Líquido	31.3%
Límite Plástico	27.9%
Índice de Plasticidad	3.4%

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°200

LEMS W&C EIRL  
*Wilson Olaya Aguilar*  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

*Miguel Angel Ruiz Perales*  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 06: Sales Totales**



RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo.

**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

<u>Muestra</u>	: Arena Gruesa (Agregado fino)	
<u>cantera</u>	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	5000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.50

<u>Cantera</u>	: Piedra (Agregado grueso)	
<u>Muestra</u>	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4167
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.42

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
 LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP. 246904

## Agregado Grueso

### Anexo 07: Abrasión - Piedra Chancada



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

#### INFORME

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	<b>FECHA</b>	Diciembre, 2022
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.		

**ENSAYO** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 400.019

**Muestra** : Piedra (Agregado Grueso)

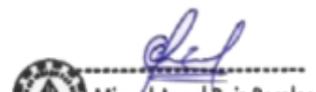
**Cantera** : Planta de Asfalto - Batangrande

<b>% de desgaste por abrasión</b>	<b>%</b>	<b>12.98</b>
-----------------------------------	----------	--------------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 08: Caras Fracturadas



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"	
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Anali Sánchez Monja	
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	<b>FECHA:</b> Diciembre, 2022

Muestra : Piedra (Agregado Grueso)

Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

A. Partículas con una cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	( g )	( g )	((B/A)*100 )	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	3100				
1"	3/4"	1400				
3/4"	1/2"	450	448.8	99.73	14.9	1486.0
1/2"	3/8"	250	168.4	67.36	24.7	1661.1

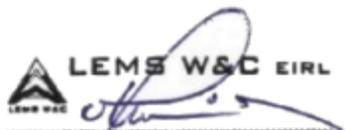
<b>UNA CARA FRACTURADA (%)</b>	=	$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	=	$\frac{3147.1}{39.6}$	=	<b>79.6 %</b>
--------------------------------	---	---	---	-----------------------	---	---------------

B. Partículas con una Aa más cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	( g )	( g )	((B/A)*100 )	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	3100				
1"	3/4"	1400				
3/4"	1/2"	450	451.31	100.29	14.9	1494.3
1/2"	3/8"	250	138.72	55.49	24.7	1368.3

<b>DOS A MÁS CARA FRACTURADA (%)</b>	=	$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	=	$\frac{2862.7}{39.6}$	=	<b>72.4 %</b>
--------------------------------------	---	---	---	-----------------------	---	---------------

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 09: Chatas y alargada



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswceirl.com

**INFORME**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"	
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Anallí Sánchez Monja	
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chidayo, Reg. Lambayeque.	FECHA: Diciembre, 2022

**Muestra** : Piedra (Agregado Grueso)

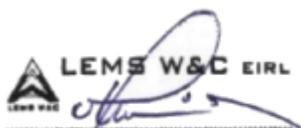
Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

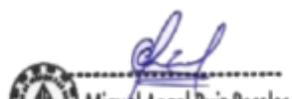
TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTICULAS CHATAS	PESO DE PARTICULAS ALARGADAS	PESO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700	54.8	0.0	0.0	5.29	2.39
3/8"	9.500	97.8	0.0	0.0	7.78	4.27
N° 4	4.750					

<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>6.7</b>
--	------------

**OBSERVACIONES :**

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 10: Durabilidad



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque		

ENSAYO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

REFERENCIA : NTP 400.016:2020

#### Identificación:

Muestra : Piedra (Agregado Grueso)

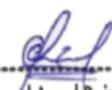
Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

DURABILIDAD (AL SULFATO DE MAGNESIO) %	<b>4.7</b>
--	------------

#### OBSERVACIONES :

- Solución de ensayo SULFATO DE MAGNESIO.
- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 11: P.E. y Absorción



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

**INFORME**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"	
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, R	FECHA: Diciembre,2022

**ENSAYO** : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

**REFERENCIA** : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra (Agregado Grueso)

Canreta: Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.59
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.7

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 12: Peso Unitario y Humedad



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022

**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

**Referencia** : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra (Agregado Grueso)

Cantera: Planta de Asfalto - Batangrande

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1266
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1255
Contenido de Humedad	(%)	0.88

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1377
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1365
Contenido de Humedad	(%)	0.88

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Curación

### Anexo 13: Mezcla de asfalto modificada



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycelr.com

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anall Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

**ENSAYO:** Mezclas bituminosas - Método de pruebas para conglomerados bituminosos calientes.  
Parte 44: Propagación de grietas por ensayo de flexión en probetas semicircular.

**REFERENCIA:** UNI EN 12697 - 44

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltico Modificada 1% de acero + 1.5% de Caucho.

ETAPA	MUESTRA N°	MEDIDA DE LA MUESTRA SEMICIRCULAR				CONDICIÓN DE ENSAYO		CARGA MÁXIMA A TRACCIÓN (F <sub>max.ten</sub> )		TENSIÓN MÁXIMA (σ <sub>max.ten</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )	TENACIDAD A LA FRACTURA (K <sub>c</sub> ) (N/mm <sup>3/2</sup> )	AUTORRECUPERACIÓN (%)
		Altura (mm)	Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Muesca (mm)	Tiempo (segundo)	Temperatura (C°)	(Kgf)	(N)			
1er ciclo	1	50.9	30.1	100.8	10.0	150	125	158.1	1550	2.18	13.21	39.21
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	170.4	1671	2.36	14.52	40.00
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	141.7	1389	1.94	11.77	41.67
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	185.2	1816	2.55	15.55	43.48
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	104.0	1020	1.44	8.86	49.75
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	201.3	1974	2.77	17.03	50.25
2do ciclo	1	50.4	30.1	100.8	10.0	150	125	59.6	585	0.82	5.02	14.91
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	65.5	643	0.91	5.58	15.38
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	59.0	579	0.81	4.90	17.36
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	75.6	741	1.04	6.35	17.75
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	38.5	378	0.53	3.28	18.43
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	83.5	819	1.15	7.07	20.85
3ro ciclo	1	50.4	30.1	100.8	10.0	150	125	13.0	127	0.18	1.09	3.24
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	14.4	141	0.20	1.23	3.38
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	19.0	187	0.26	1.58	5.60
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	24.4	239	0.34	2.05	5.72
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	24.1	236	0.33	2.05	11.52
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	50.6	496	0.70	4.28	12.64

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 14: Mezcla asfáltico Modificada



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anali Sánchez Morja

**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

**ENSAYO:** Mezclas bituminosas - Método de pruebas para conglomerados bituminosos calientes. Parte 44: Propagación de grietas por ensayo de flexión en probetas semicircular.

**REFERENCIA:** UNI EN 12697 - 44

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltico Modificada 3% de acero + 1.5% de Caucho.

ETAPA	MUESTRA N°	MEDIDA DE LA MUESTRA SEMICIRCULAR				CONDICIÓN DE ENSAYO		CARGA MÁXIMA A TRACCIÓN ( $F_{max}$ )		TENSIÓN MÁXIMA ( $\sigma_{max}$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	TENACIDAD A LA FRACTURA ( $K_{IC}$ ) (Nmm <sup>3/2</sup> )	AUTORRECUPERACIÓN (%)
		Altura (mm)	Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Muesca (mm)	Tiempo (segundo)	Temperatura (C°)	(Kgf)	(N)			
Inicio	1	50.4	30.1	100.8	10.0	-	-	361.5	3545	4.98	30.46	-
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	-	-	342.0	3354	4.73	29.13	-
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	-	-	283.0	2775	3.87	23.51	-
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	-	-	285.0	2795	3.92	23.93	-
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	-	-	310.0	3040	4.29	26.41	-
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	-	-	267.0	2618	3.67	22.60	-
1er ciclo	1	50.9	30.1	100.8	10.0	150	125	185.4	1818	2.55	15.50	50.89
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	166.8	1636	2.31	14.21	48.78
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	117.9	1156	1.61	9.79	41.67
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	123.9	1215	1.70	10.40	43.48
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	147.6	1448	2.04	12.58	47.62
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	140.5	1378	1.93	11.89	52.63
2do ciclo	1	50.4	30.1	100.8	10.0	150	125	53.0	519	0.73	4.46	14.65
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	64.2	629	0.89	5.47	18.76
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	47.2	463	0.65	3.92	16.67
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	50.6	496	0.70	4.25	17.75
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	61.5	603	0.85	5.24	19.84
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	58.3	572	0.80	4.93	21.84
3ro ciclo	1	50.4	30.1	100.8	10.0	150	125	23.3	228	0.32	1.96	6.43
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	16.9	166	0.23	1.44	4.94
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	18.5	181	0.25	1.54	6.54
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	14.5	142	0.20	1.21	5.07
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	29.3	287	0.41	2.50	9.45
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	35.3	346	0.48	2.98	13.21

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 15: Mezcla de asfalto modificada



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

**PROYECTO** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITAN** Bach. Wendy Anali Sánchez Morja  
**UBICACIÓN** Dist. Pimentel, Prov. Chidayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre 2022

**ENSAYO:** Mezclas bituminosas - Método de pruebas para conglomerados bituminosos calientes.  
Parte 44: Propagación de grietas por ensayo de flexión en probetas semicircular.  
**REFERENCIA:** UNI EN 12697 - 44

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Modificada 5% de acero + 1.5% de Caucho.

ETAPA	MUESTRA N°	MEDIDA DE LA MUESTRA SEMICIRCULAR				CONDICIÓN DE ENSAYO		CARGA MÁXIMA A TRACCIÓN (F <sub>max</sub> )		TENSIÓN MÁXIMA (σ <sub>max</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )	TENACIDAD A LA FRACTURA (K <sub>c</sub> ) (N/mm <sup>3/2</sup> )	AUTORRECUPERACIÓN (%)
		Altura (mm)	Espesor (mm)	Diámetro (mm)	Muesca (mm)	Tiempo (segundo)	Temperatura (C°)	(Kgf)	(N)			
Inicio	1	50.4	30.1	100.8	10.0	-	-	339.0	3324	4.67	28.56	-
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	-	-	370.0	3628	5.12	31.52	-
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	-	-	351.0	3442	4.80	29.16	-
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	-	-	519.0	5090	7.14	43.57	-
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	-	-	270.1	2649	3.74	23.01	-
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	-	-	312.5	3065	4.30	26.45	-
1er ciclo	1	50.9	30.1	100.8	10.0	150	125	132.5	1299	1.82	11.07	38.77
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	148.0	1451	2.05	12.61	40.00
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	146.3	1434	2.00	12.15	41.67
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	225.7	2213	3.10	18.94	43.48
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	120.0	1177	1.66	10.23	44.44
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	157.8	1548	2.17	13.36	50.51
2do ciclo	1	50.4	30.1	100.8	10.0	150	125	50.0	490	0.69	4.21	14.74
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	56.9	558	0.79	4.85	15.38
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	58.5	574	0.80	4.86	16.67
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	92.1	903	1.27	7.73	17.75
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	60.3	592	0.84	5.14	22.33
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	65.5	642	0.90	5.54	20.96
3ro ciclo	1	50.4	30.1	100.8	10.0	150	125	27.8	272	0.38	2.34	8.19
	2	50.0	30.2	100.0	10.0	150	150	28.7	282	0.40	2.45	7.77
	3	50.9	30.0	101.8	10.0	200	125	20.2	198	0.28	1.68	5.75
	4	50.5	30.1	101.0	10.0	200	150	29.7	291	0.41	2.49	5.72
	5	50.0	30.2	100.0	10.0	250	125	32.3	316	0.45	2.75	11.94
	6	50.0	30.4	100.0	10.0	250	150	38.7	389	0.55	3.36	12.70

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Muestra modificada

### Anexo 16: Diseño Mezcla MAC - Modificado 1\_Acero



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

RNP Servicios S0608589

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analf Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque **FECHA:** Diciembre, 2022

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica Modificada 1% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencional.

#### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

Datos		Piedra	Acero	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM % pasa Material					1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
M1 (F.A = 1 Y F.C = 0.5)		51.951	0.063	0.031	46.956	0.999	100.00																
M2 (F.A = 1 Y F.C = 1.0)		51.935	0.063	0.063	46.941	0.999	100.00																
M3 (F.A = 1 Y F.C = 1.5)		51.918	0.063	0.094	46.926	0.998	100.00																
N°	BRIQUETA						1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1	% C.A. en masa de la Mezcla								5.90													5.90	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla								48.89													48.86	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla								44.19													44.16	
4	% Acero								0.06													0.06	
5	% Caucho								0.03													0.09	
6	% Cemento portland en masa de la Mezcla								0.94													0.94	
7	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc								1.018													1.018	
8	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc								2.663													2.663	
9	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc								2.651													2.651	
10	Peso Acero gr/cc								7.69													7.69	
11	Peso Caucho gr/cc								1.49													1.49	
12	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								3.15													3.15	
13	Altura promedio de la briqueta cm																						
14	Masa de la briqueta al aire (gr)		1194	1193	1193	1189	1187	1201	1191	1190	1189	1187	1200	1197	1199	1197	1197	1199	1197	1197	1197	1197	1197
15	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)		1195	1194	1195	1191	1189	1201	1191	1192	1191	1190	1201	1197	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)		677	680	672	669	675	678	673	678	680	675	678	685	680	680	680	685	680	680	680	680	680
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)		518	514	523	522	514	523	518	514	511	515	523	512	519	518	518	512	519	518	518	519	519
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)		2.305	2.321	2.281	2.278	2.309	2.296	2.299	2.315	2.327	2.305	2.294	2.338	2.310	2.311	2.306	2.311	2.311	2.311	2.311	2.306	2.306
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)								2.455													2.413	
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)								6.1	5.4	7.1	7.2	5.9	5.9	5.7	5.1	4.6	5.5	4.9	3.1	4.2	4.2	4.4
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)								2.662													2.661	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)								2.693													2.671	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado								0.44													0.15	
24	% de Asfalto Efectivo								5.49													5.76	
25	Relación Polvo/Asfalto								0.9													1.0	
26	V.M.A.		18.5	18.0	19.4	19.5	18.4	18.8	18.7	18.1	17.7	18.5	18.8	17.3	18.3	18.3	18.4	18.3	18.3	18.3	18.3	18.4	18.4
27	% Vacios llenos con C.A.		67.1	69.7	63.5	63.0	67.8	68.8	69.3	71.9	73.9	70.2	74.0	82.1	76.8	76.9	76.1	76.8	76.9	76.9	76.9	76.1	76.1
28	Flujo 0.01*(0,25 mm)		15.8	16.0	17.0	16.0	16.7	17.4	17.0	14.7	16.0	13.0	12.5	12.5	14.0	13.0	14.0	12.5	12.5	14.0	13.0	14.0	14.0
29	Estabilidad sin corregir (Kg)		2467	2308	2226	2467	2308	2243	2344	2347	2409	2315	1852	1987	1841	1884	1872	1852	1987	1841	1884	1872	1872
30	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
31	Estabilidad Corregida 27 * 28		2467	2308	2137	2467	2308	2153	2344	2347	2409	2315	1778	1987	1841	1884	1872	1778	1987	1841	1884	1872	1872
32	Estabilidad / Flujo		3965	3664	3193	3916	3510	3143	3502	4054	3824	4523	3613	4038	3340	3681	3396	3613	4038	3340	3681	3396	3396

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 17: Gravedad específica



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

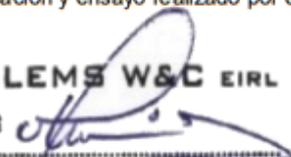
<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	FECHA: Diciembre,2022	

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Modificada 1% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5%Convencional

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	1	1	1	
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	739.0	739.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.9	2977.0	2976.9	
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2365.6	2361.9	2355.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3865.6</b>	<b>3861.9</b>	<b>3855.0</b>	
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.8</b>	<b>24.7</b>	<b>24.8</b>	
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx )	0.99731	0.99734	0.99731	
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0286	0.0322	0.0286	
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1500.0</b>	<b>1500.0</b>	<b>1500.0</b>	
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	611.3	615.1	621.9	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.454</b>	<b>2.439</b>	<b>2.412</b>	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.455</b>	<b>2.439</b>	<b>2.413</b>	
CONTENIDO % Caucho + 2% de Acero	<b>0.5</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	
CONTENIDO % C.A.	<b>5.90</b>	<b>5.90</b>	<b>5.90</b>	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

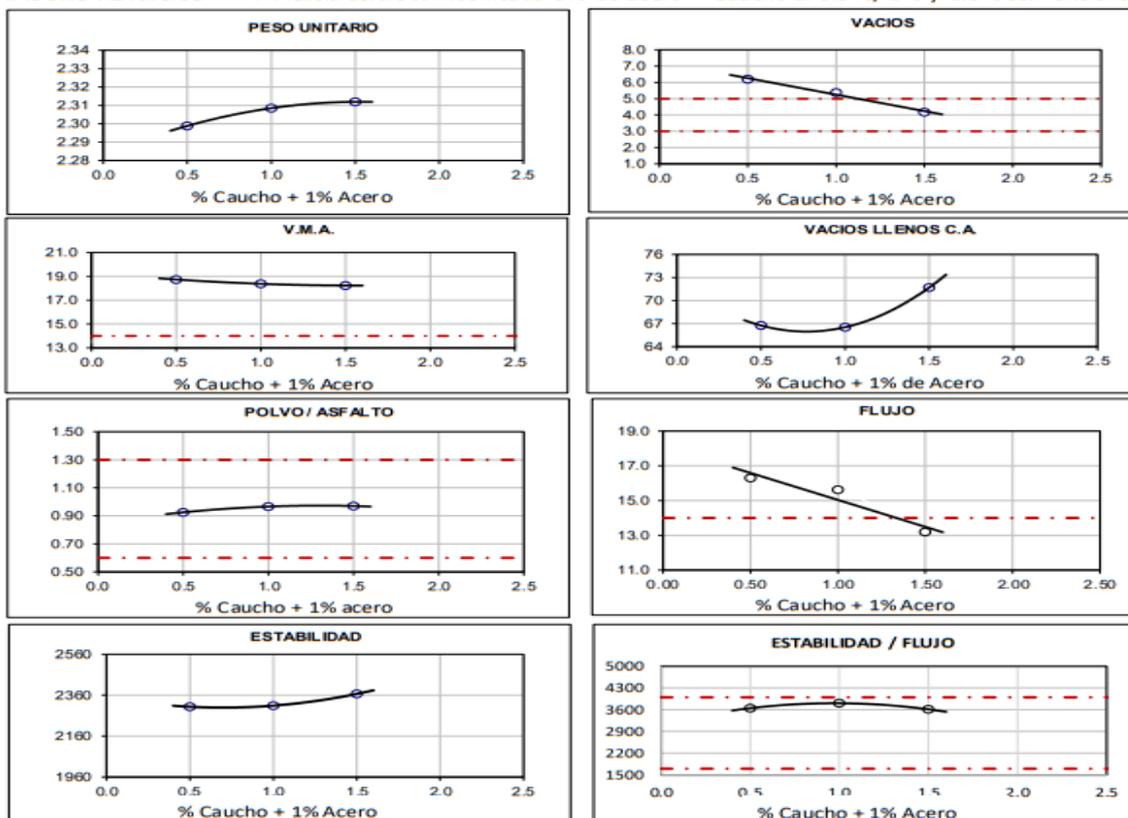

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

# Anexo 18: Peso unitario y vacios

## INFORME

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"	
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja	
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	<b>FECHA:</b> Diciembre, 2022

**Diseño Asphaltico** : Mezcla asphaltico Modificada 1% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencional.



### CARACTERISTICAS MARSHALL

	75	75
GOLPES	75	75
% C. A.	5.90	
% Caucho	1.5	
P. UNITARIO	2.312	
VACIOS	4.2	3 - 5
V.M.A.	18.2	14.0
V. LL.C.A.	71.7	
POLVO / ASFALTO	0.97	0.6 - 1.3
FLUJO	13.2	8-14
ESTABILIDAD	23.2	8,15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3613.6	1700 - 4000

**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

# Anexo 19: Diseño Mezcla MAC - Modificado 3\_Acero



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.com

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Req. Lai **FECHA:** Diciembre, 2022

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Modificada 3% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencional.

## INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

Datos		Piedra	Acero	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM % pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
M4 (F.A = 3 Y F.C = 0.5)		51.886	0.188	0.031	46.897	0.998	100.00				100	100	92.27	79.36	60.90	43.76	19.87	12.82	5.924
M5 (F.A = 3 Y F.C = 1)		51.870	0.188	0.063	46.882	0.997	100.00				100	100	92.27	79.37	60.91	43.78	19.90	12.82	5.926
M6 (F.A = 3 Y F.C = 1.5)		51.853	0.188	0.094	46.867	0.997	100.00				100	100	92.27	79.37	60.92	43.80	19.93	12.83	5.928
N°	BRIQUETA	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
1	% C.A. en masa de la Mezcla			5.90					5.90					5.90					
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla			48.82					48.81					48.79					
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla			44.13					44.12					44.10					
4	% Acero			0.18					0.18					0.18					
5	% Caucho			0.03					0.06					0.09					
6	% Cemento portland en masa de la Mezcla			0.94					0.94					0.94					
7	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc			1.018					1.018					1.018					
8	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc			2.663					2.663					2.663					
9	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc			2.651					2.651					2.651					
10	Peso Acero gr/cc			7.69					7.69					7.69					
11	Peso Caucho gr/cc			1.49					1.49					1.49					
12	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc			3.15					3.15					3.15					
13	Altura promedio de la briqueta cm																		
14	Masa de la briqueta al aire (gr)	1191	1194	1188	1194	1187	1189	1198	1195	1189	1187	1193	1199	1196	1189	1195			
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)	1194	1196	1191	1196	1189	1191	1200	1196	1191	1189	1194	1201	1198	1191	1197			
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)	675	678	682	679	675	684	690	687	680	678	678	681	681	678	684			
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	519	518	509	517	514	507	510	509	511	511	516	520	517	513	513			
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.295	2.305	2.334	2.309	2.309	2.345	2.349	2.348	2.327	2.323	2.312	2.306	2.313	2.318	2.329			
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)			2.467					2.475					2.401					
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	7.0	6.5	5.4	6.4	6.4	5.2	5.1	5.1	6.0	6.1	3.7	4.0	3.7	3.5	3.0			
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)			2.664					2.663					2.663					
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)			2.708					2.719					2.716					
23	Asfalto Absorbido por el Agregado			0.62					0.78					0.75					
24	% de Asfalto Efectivo			5.32					5.17					5.19					
25	Relación Polvo/Asfalto			0.9					0.9					0.9					
26	V.M.A.	18.9	18.6	17.6	18.4	18.4	17.1	17.0	17.1	17.8	17.9	18.3	18.5	18.2	18.1	17.7			
27	% Vacios llenos con C.A.	63.2	64.8	69.4	65.4	65.4	69.4	70.1	69.9	66.4	65.7	79.7	78.6	80.0	80.8	83.1			
28	Flujo 0.01*(0.25 mm)	15.4	16.0	15.0	14.5	15.5	14.2	15.0	13.5	14.5	14.0	13.5	14.0	13.5	13.0	13.5			
29	Estabilidad sin corregr (Kg)	2325	2616	1812	2399	2284	2263	2213	2092	2309	2215	2014	2127	1965	1884	1872			
30	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 20: Gravedad específica



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirf.com

### INFORME

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANT:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

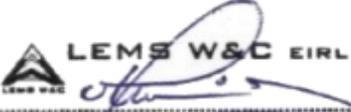
**FECHA:** Diciembre, 2022

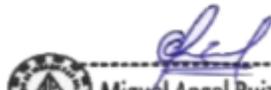
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Modificada 3% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencional.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA Nº	01	02	03	04
No Matraz	1	3	1	
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	690.0	739.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.8	2940.9	2976.9	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (08)	2368.5	2334.6	2352.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3868.5</b>	<b>3834.6</b>	<b>3852.0</b>	
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.9</b>	<b>24.6</b>	<b>24.8</b>	
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx)	0.99729	0.99736	0.99731	
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0251	0.0358	0.0286	
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1500.0</b>	<b>1500.0</b>	<b>1500.0</b>	
9.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	608.3	606.3	624.9	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (8) / (9) (Tx)	<b>2.466</b>	<b>2.474</b>	<b>2.400</b>	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.467</b>	<b>2.475</b>	<b>2.401</b>	
CONTENIDO % Caucho + 2% de Acero	<b>0.5</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	
<b>CONTENIDO % C.A.</b>	<b>5.90</b>	<b>5.90</b>	<b>5.90</b>	

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

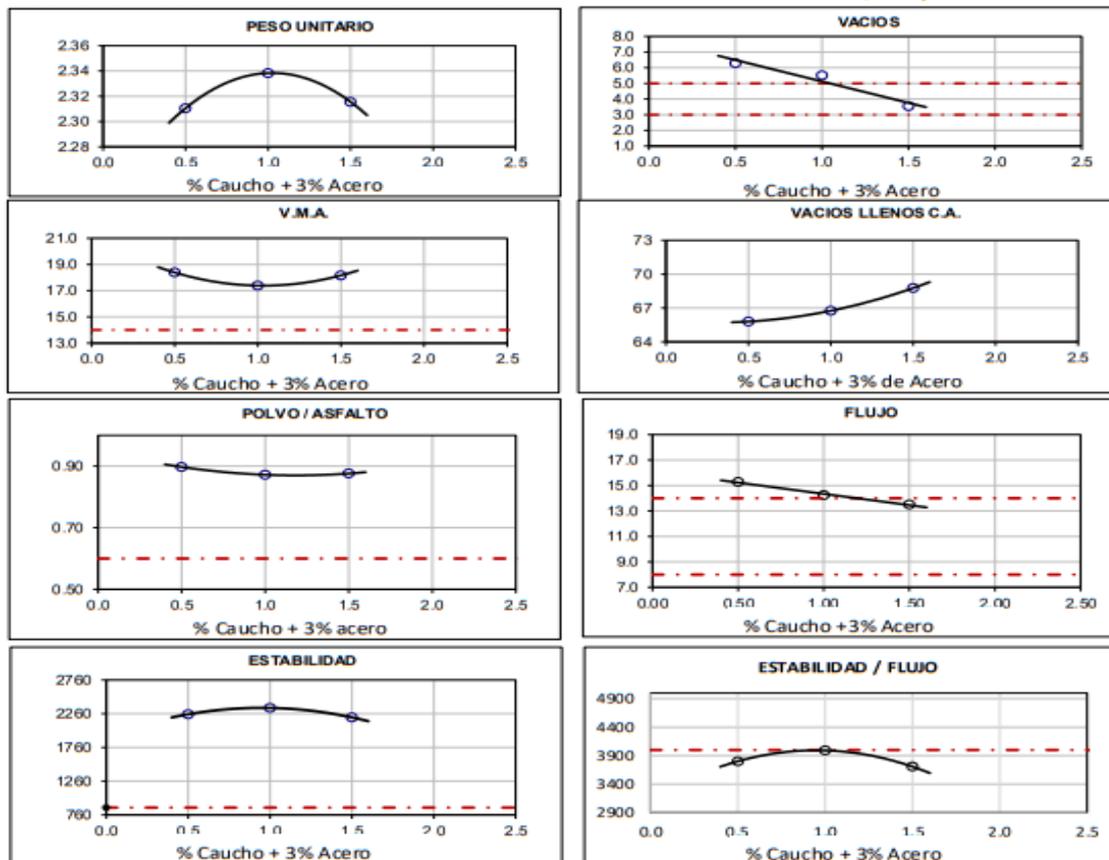
  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 21: Peso unitario y vacíos

### INFORME

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Modificada 3% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencional.



#### CARACTERÍSTICAS MARSHALL

GOLPES	75	75
% C. A.	5.90	
% Caucho	1.5	
P. UNITARIO	2.316	
VACIOS	3.6	3 - 5
V.M.A.	18.2	14.0
V. LLC.A.	68.8	
POLVO / ASFALTO	0.88	0.6 - 1.3
FLUJO	13.5	8-14
ESTABILIDAD	21.6	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3706.9	1700 - 4000

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 22: Diseño Mezcla MAC - Modificado 5\_Acero



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.com

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque FECHA: Diciembre, 2022

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica Modificada 5% de acero + Caucho al 0.5% 1% v 1.5% Convencional

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

Datos		Piedra	Acero	Caucho	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM % pasa Material					No 4	No 10	No 40	No 80	No 200					
								1"	3/4"	1/2"	3/8"											
M7 (F.A = 5 Y F.C = 0.5)		51.821	0.313	0.031	46.838	0.997	100.00	100	100	92.44	79.93	62.75	46.32	18.31	11.22	7.213						
M8 (F.A = 5 Y F.C = 1.0)		51.804	0.313	0.063	46.823	0.996	100.00	100	100	92.44	79.94	62.76	46.33	18.34	11.24	7.213						
M9 (F.A = 5 Y F.C = 1.5)		51.788	0.313	0.094	46.808	0.996	100.00	100	100	92.45	79.95	62.78	46.37	18.39	11.26	7.216						
N°	BRIQUETA						1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	% C.A. en masa de la Mezcla								5.90					5.90						5.90		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla								48.76					48.75						48.73		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla								44.07					44.06						44.05		
4	% Acero								0.30					0.30						0.30		
5	% Caucho								0.03					0.06						0.09		
6	% Cemento portland en masa de la Mezcla								0.94					0.94						0.94		
7	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc								1.018					1.018						1.018		
8	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc								2.663					2.663						2.663		
9	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc								2.651					2.651						2.651		
10	Peso Acero gr/cc								7.69					7.69						7.69		
11	Peso Caucho gr/cc								1.49					1.49						1.49		
12	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc								3.15					3.15						3.15		
13	Altura promedio de la briqueta cm																					
14	Masa de la briqueta al aire (gr)	1197	1201	1196	1199	1189	1196	1196	1201	1198	1187	1195	1194	1197	1199	1187	1195	1194	1197	1199	1187	
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)	1199	1202	1198	1201	1201	1198	1198	1204	1200	1189	1196	1197	1199	1201	1189	1196	1197	1199	1201	1189	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)	684	695	685	680	682	690	689	690	695	678	680	684	686	684	678	680	684	686	684	678	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	515	507	513	521	519	508	509	514	505	511	516	513	513	517	511	516	513	513	517	511	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.324	2.369	2.331	2.301	2.291	2.354	2.350	2.337	2.372	2.323	2.316	2.327	2.333	2.319	2.323	2.316	2.327	2.333	2.319	2.323	
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)								2.491					2.488						2.432		
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	6.7	4.9	6.4	7.6	8.0	5.4	5.6	6.1	4.7	6.6	4.8	4.3	4.1	4.6	4.5	4.8	4.3	4.1	4.6	4.5	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)								2.666					2.666						2.665		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)								2.739					2.736						2.733		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado								1.02					0.98						0.95		
24	% de Asfalto Efectivo								4.95					4.98						5.00		
25	Relación Polvo/Asfalto								0.7					0.7						0.7		
26	V.M.A.	18.0	16.4	17.7	18.8	19.1	16.9	17.1	17.5	16.3	18.0	18.2	17.8	17.6	18.1	18.0	18.2	17.8	17.6	18.1	18.0	
27	% Vacios llenos con C.A.	62.8	70.1	63.9	59.5	58.1	68.2	67.4	65.2	71.4	63.1	73.8	75.9	77.0	74.4	75.0	73.8	75.9	77.0	74.4	75.0	
28	Flujo 0.01*(0.25 mm)	16.5	16.1	17.0	15.4	16.1	15.8	15.7	15.4	14.2	14.7	13.2	12.6	12.8	13.2	13.3	13.2	12.6	12.8	13.2	13.3	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)	2444	2574	2854	2749	2614	2294	2514	2278	2418	2395	1928	1837	1957	1785	1799	1928	1837	1957	1785	1799	
30	Factor de estabilidad	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
31	Estabilidad Corregida 27 * 28	2444	2677	2854	2749	2614	2386	2514	2278	2515	2395	1928	1837	1957	1785	1799	1928	1837	1957	1785	1799	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 23: Gravedad específica



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

**FECHA:** Diciembre, 2022

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Modificada 5% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencion

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	1	1	1	
1.- PESO DEL FRASCO	739.0	739.0	739.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2976.9	2977.1	2977.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2374.5	2374.0	2360.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3874.5</b>	<b>3874.0</b>	<b>3860.0</b>	
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.8</b>	<b>24.6</b>	<b>24.7</b>	
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx)	0.99731	0.99736	0.99734	
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0286	0.0358	0.0322	
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1500.0</b>	<b>1500.0</b>	<b>1500.0</b>	
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	602.4	603.1	617.0	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.490</b>	<b>2.487</b>	<b>2.431</b>	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.491</b>	<b>2.488</b>	<b>2.432</b>	
CONTENIDO % Caucho + 2% de Acero	<b>0.5</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	
CONTENIDO % C.A.	<b>5.90</b>	<b>5.90</b>	<b>5.90</b>	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

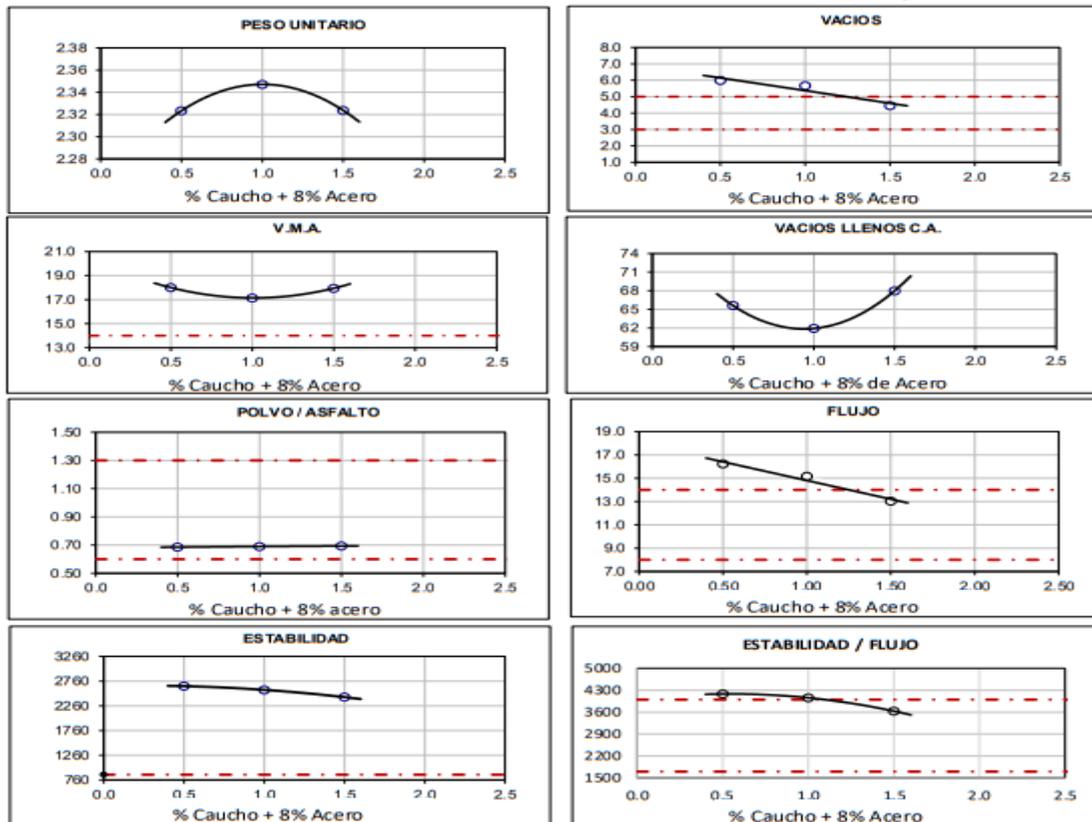


## Anexo 24: Peso unitario y vacíos

### INFORME

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anall Sánchez Morja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica Modificada 5% de acero + Caucho al 0.5%, 1% y 1.5% Convencional.



#### CARACTERÍSTICAS MARSHALL

GOLPES	75	75
% C. A.	5.70	
% Caucho	1.5	
P. UNITARIO	2.324	
VACIOS	4.5	3 - 5
V.M.A.	17.9	14.0
V. LL.C.A.	68.0	
POLVO / ASFALTO	0.69	0.6 - 1.3
FLUJO	13.0	8-14
ESTABILIDAD	23.9	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3633.4	1700 - 4000

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 25: Granulometría Combinada 1\_ acero + 0.5\_ Caucho

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anali Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

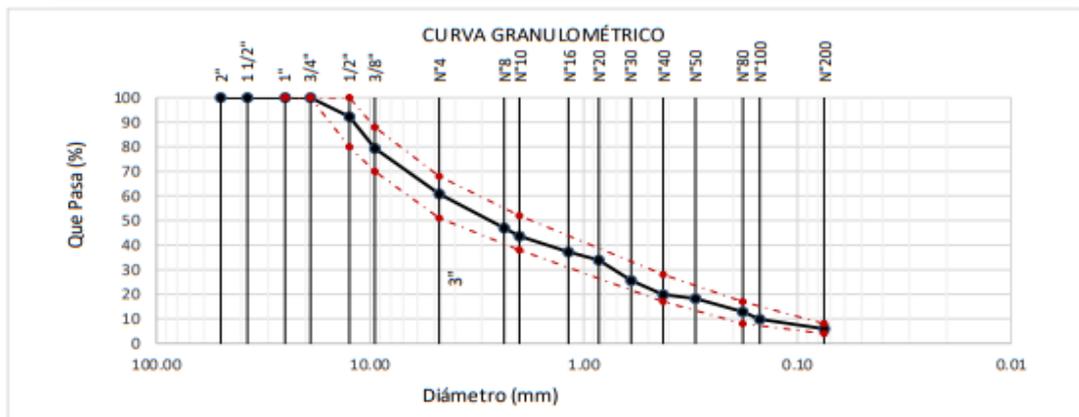
**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

Muestra : Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 1% + Caucho 0.5%

Malla		51.951	46.956	0.063	0.031	0.999	100.000	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						
		Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.3	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.8	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	46.9	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.7	100.0	100.0	43.7	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.4	100.0	100.0	37.2	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.2	100.0	100.0	33.9	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.1	100.0	100.0	25.6	
N° 40	0.425	2.1	37.7	37.8	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.0	64.2	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	5.6	46.7	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	32.0	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.4	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 26: Granulometría Combinada 1\_ acero + 1.0\_ Caucho

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

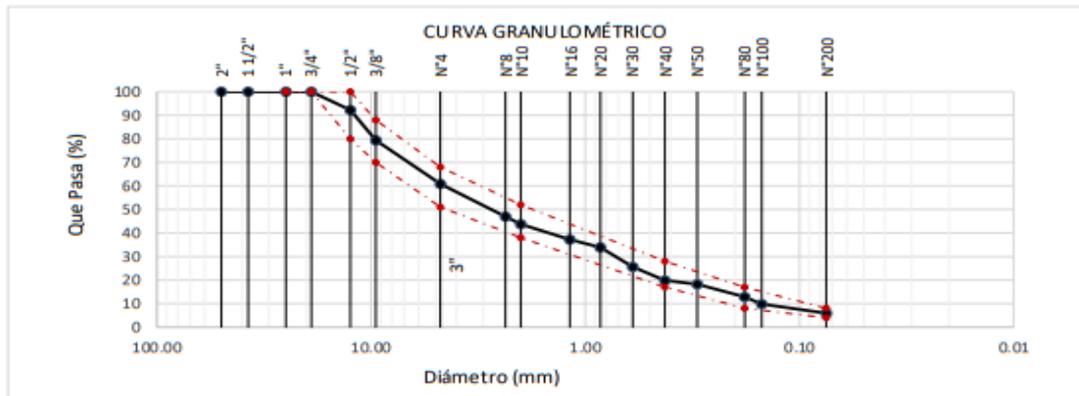
**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 1% + Caucho 1%

Malla		51.935	46.940	0.063	0.063	0.999	100.000	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.3	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.9	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	46.9	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.7	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.2	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	33.9	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.6	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 27: Granulometría Combinada 1\_ acero + 1.5\_ Caucho

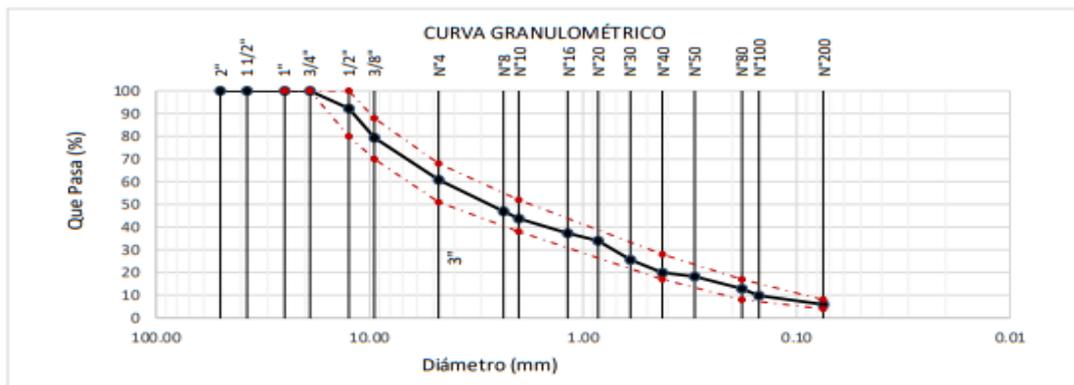
**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anali Sánchez Morja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero !% + Caucho 1.5%

Malla		51.918	46.927	0.063	0.094	0.998	100.000	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						
		Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.3	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.9	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.0	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.7	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.3	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	33.9	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.6	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 28: Granulometría Combinada 3\_ acero + 0.5\_ Caucho

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anali Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

**FECHA:** Diciembre, 2022

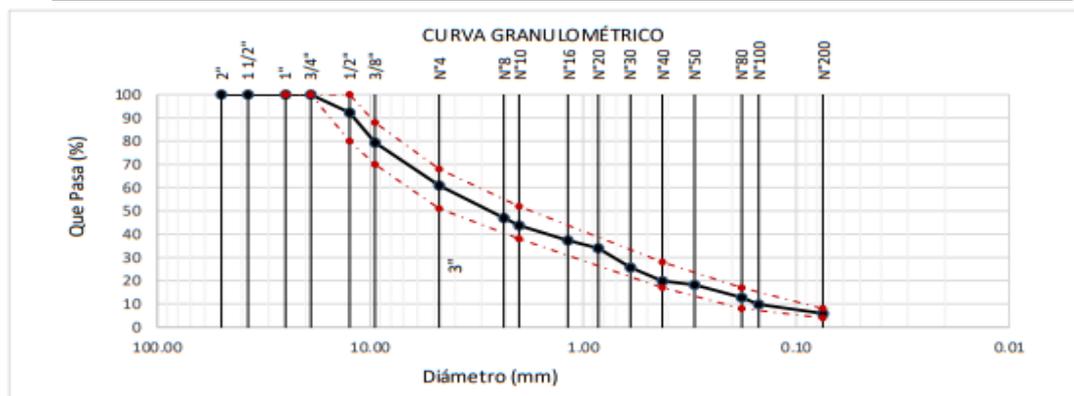
**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

Muestra : Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 3% + Caucho 0.5%

Malla		51.886	46.897	0.188	0.031	0.998	100.000	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						
		Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.4	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.9	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.0	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.8	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.3	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	34.0	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.6	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 29: Granulometría Combinada 3\_ acero + 1.0\_ Caucho

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anali Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

**FECHA:** Diciembre, 2022

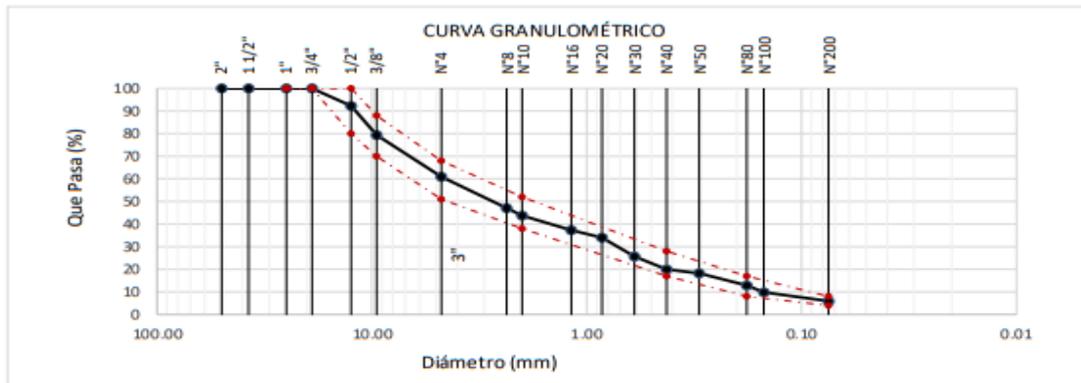
**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 3% + Caucho 1%

Malla		51.869	46.881	0.190	0.063	0.997	100.000	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						
		Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.4	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.9	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.0	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.8	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.3	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	34.0	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.7	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

### Anexo 30: Granulometría Combinada 3\_ acero + 1.5\_ Caucho

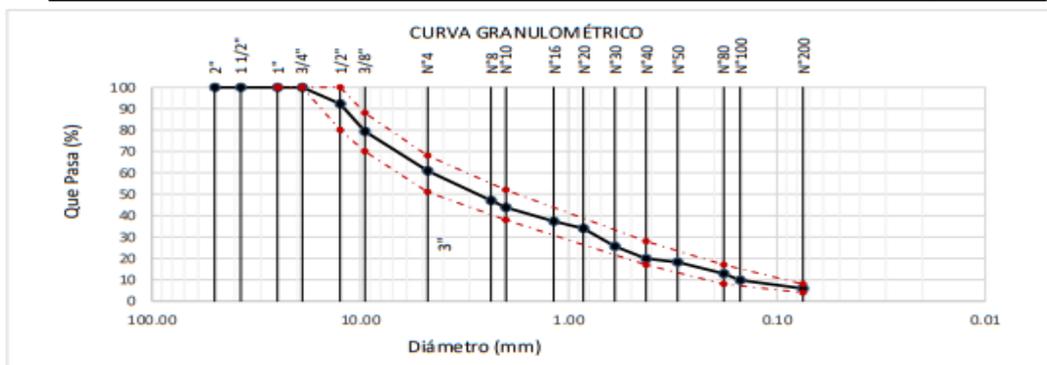
**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Morja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre, 2022

**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 3% + Caucho 1.5%

Malla		51.853	46.868	0.188	0.094	0.997	100.000	GRADACION
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						MAC - 2
		Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.4	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.9	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.0	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.8	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.3	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	34.0	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.7	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
CIP. 246904

# Anexo 31: Granulometría Combinada 5\_ acero + 0.5\_ Caucho



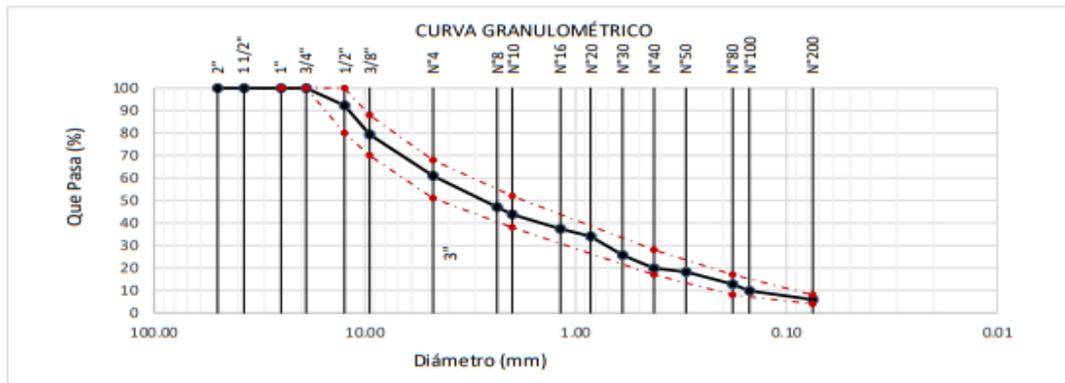
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswyc.eirl.com

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Morja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre,2022

**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.  
**NORMA :** N.T.P. 400.012  
 N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% +Acero 5%+ Caucho 0.5%

Malla		51.821	46.838	0.313	0.031	0.997	100.000	GRADACION MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa						
		Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.4	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	60.9	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.1	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.8	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.4	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	34.0	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.7	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 32: Granulometría Combinada 5\_ acero + 1.0\_ Caucho

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"

**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anali Sánchez Monja

**UBICACIÓN:** Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

**FECHA:** Diciembre 2022

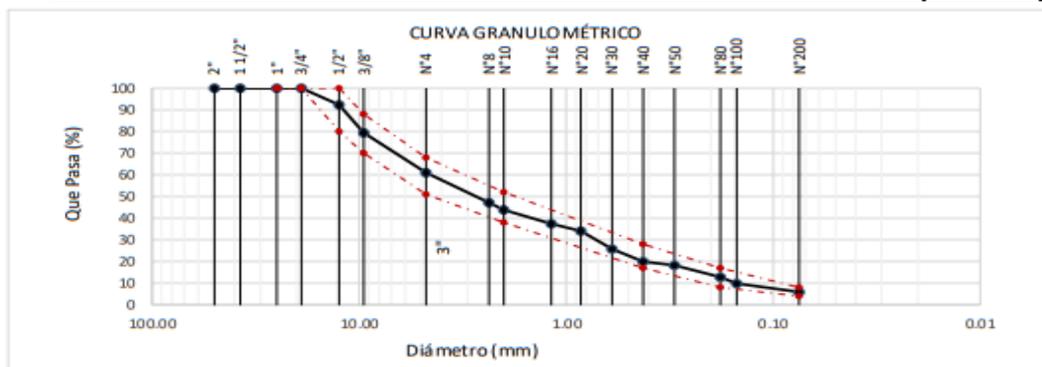
**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 5% + Caucho 1%

Malla	51.804	46.824	0.313	0.063	0.996	100.000	GRADACIÓN
Pulg.	(mm.)	Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.4
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	61.0
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.1
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.8
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.4
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	34.1
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.7
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8
N° 100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8
N° 200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 33: Granulometría Combinada 5\_ acero + 1.5\_ Caucho

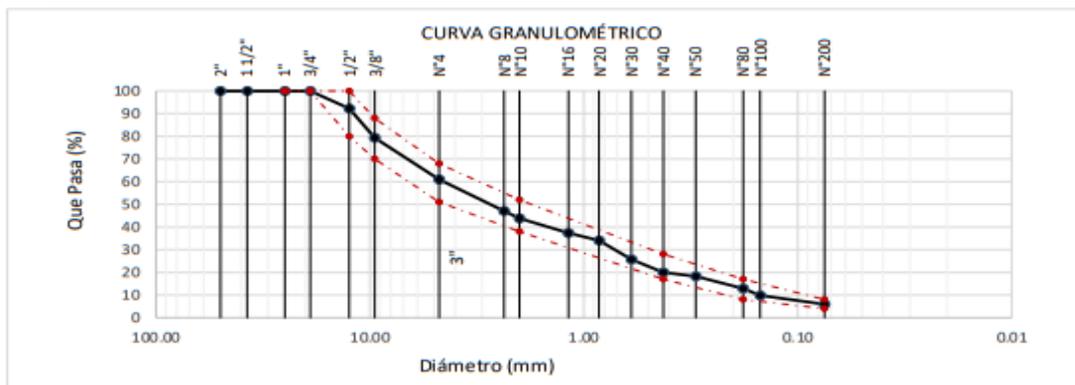
**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Anall Sánchez Morja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. **FECHA:** Diciembre,2022

**ENSAYO :** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados.

**NORMA :** N.T.P. 400.012  
 N.T.P. 400.018

**Muestra :** Combinado Piedra 52% + Arena Gruesa 47% + Filler (Cemento tipo I) 1% + Acero 5% + Caucho 1.5%

Malla		51.788	46.809	0.313	0.094	0.996	100.000	GRADACION MAC - 2
Pulg.	(mm.)	Piedra	Arena	Acero	Caucho	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	85.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	80 - 100
3/8"	9.500	60.2	100.0	100.0	100.0	100.0	79.4	70 - 88
N° 4	4.750	26.0	98.4	100.0	100.0	100.0	61.0	51 - 68
N° 8	2.360	5.5	91.5	100.0	100.0	100.0	47.1	
N° 10	2.000	4.1	86.2	99.8	100.0	100.0	43.9	38 - 52
N° 16	1.180	3.0	73.6	97.8	100.0	100.0	37.4	
N° 20	0.850	2.8	66.8	88.7	100.0	100.0	34.1	
N° 30	0.600	2.3	49.6	70.8	100.0	100.0	25.7	
N° 40	0.425	2.1	37.7	38.3	100.0	100.0	19.9	17 - 28
N° 50	0.300	2.0	34.3	21.7	62.8	100.0	18.2	
N° 80	0.180	1.8	23.1	6.0	44.8	100.0	12.8	8 - 17
N°100	0.150	1.7	16.9	0.2	31.8	100.0	9.8	
N°200	0.075	1.5	8.8	0.0	12.9	100.0	5.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Muestra patrón

### Anexo 34: Diseño Mezcla MAC - PATRON



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

**Solicitante** : Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
**Proyecto** : TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Confitillo	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
						% pasa Material			100	100	85.3	78.4	61.7	44.6	19.7	12.3	5.2	
%	40	12	47	1	100	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla						5.00			5.5			6				6.5	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						38.00			37.80			37.60				37.40	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						44.65			44.42			44.18				43.95	
4	% Confitillo						11.40			11.34			11.28				11.22	
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.95			0.95			0.94				0.935	
6	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1			1			1				1	
7	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc						2.6			2.6			2.6				2.6	
8	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.632			2.632			2.632				2.632	
9	Peso específico del confitillo - bulk						2.561			2.561			2.561				2.561	
10	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.15			3.15			3.15				3.15	
11	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																	
12	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																	
13	Altura promedio de la briqueta cm																	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1191	1207	1178	1194	1191	1209	1199	1196	1188	1173	1180	1180	1192
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1203	1218	1192	1202	1199	1216	1202	1202	1204	1177	1185	1185	1196
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					683	665	670	687	681	696	676	691	693	678	680	693	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					520	553	522	515	518	520	526	511	511	499	505	503	
18	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.290	2.183	2.257	2.318	2.299	2.325	2.279	2.341	2.325	2.351	2.337	2.370	
19	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)						2.37			2.44			2.40				2.38	
20	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					3.3	7.9	4.8	5.0	5.8	4.7	4.8	2.3	2.9	1.2	1.8	0.4	
21	Peso Específico Bulk Agregado Total						2.642			2.642			2.643				2.643	
22	Peso Específico Efectivo Agregado total						2.553			2.663			2.629				2.631	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						-1.32			0.29			-0.19				-0.16	
24	% de Asfalto Efectivo						6.25			5.23			6.18				6.65	
25	Relación Polvo/Asfalto						1.2			1.0			1.2				1.3	
26	V.M.A.					17.7	21.5	18.9	17.1	17.8	16.9	18.9	16.7	17.3	16.8	17.3	16.2	
27	% Vacíos llenos con C.A.					81.1	63.4	74.8	70.9	67.6	72.1	74.5	86.4	83.0	92.9	89.7	97.6	
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					14.0	9.0	10.0	13.0	9.5	12.0	10.0	15.0	14.0	19.0	18.0	17.0	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1693	1579	1675	1876	1715	1600	1656	1696	1320	1540	1575	1520	
							1649.0			1730.0			1557.2				1545.0	
30	Factor de estabilidad					1.00	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.04	1.04	1.04	
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					1693	1405	1675	1876	1715	1600	1589	1696	1320	1602	1638	1581	
32	Estabilidad / Flujo					3072	3966	4255	3664	4584	3387	4037	2872	2395	2141	2311	2362	
33							3764.1			3878.4			3101.2				2271.5	

**Observaciones:**  
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



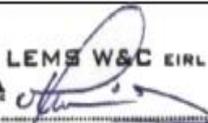
**Anexo 35: Flujo y estabilidad**



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswyceirl.com

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	FECHA: Abril,2022	

		<b>1.00</b>	<b>2.00</b>	<b>3.00</b>
<b>5</b>	FLUJO (0.01 MM)	14.00	14.50	12.50
	ESTABILIDAD	1,609.00	1,615.50	1,006.50
<b>5.5</b>	FLUJO (0.01 MM)	11.00	20.00	15.00
	ESTABILIDAD	1,441.50	1,496.00	1,922.00
<b>6</b>	FLUJO (0.01 MM)	10.00	10.00	14.00
	ESTABILIDAD	2,397.00	1,957.00	1,191.50
<b>6.5</b>	FLUJO (0.01 MM)	18.00	24.00	24.00
	ESTABILIDAD	1,157.50	2,102.50	1,335.00

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo 36:** Gravedad específica



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswceirl.com

**PROYECTO:** TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
**SOLICITANTE:** Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
**UBICACIÓN:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque | **FECHA:** Diciembre, 2022

<u>INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)</u>					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	689.0	689.0	689.0	689.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2911.0	2914.0	2915.0	2916.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2391.8	2414.6	2406.3	2406.2	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	<b>3622.0</b>	<b>3633.0</b>	<b>3624.7</b>	<b>3619.0</b>	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1230.2</b>	<b>1218.4</b>	<b>1218.4</b>	<b>1212.8</b>	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	519.2	499.4	508.7	509.8	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	<b>2.369</b>	<b>2.440</b>	<b>2.395</b>	<b>2.379</b>	
CONTENIDO % C.A.	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>	

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

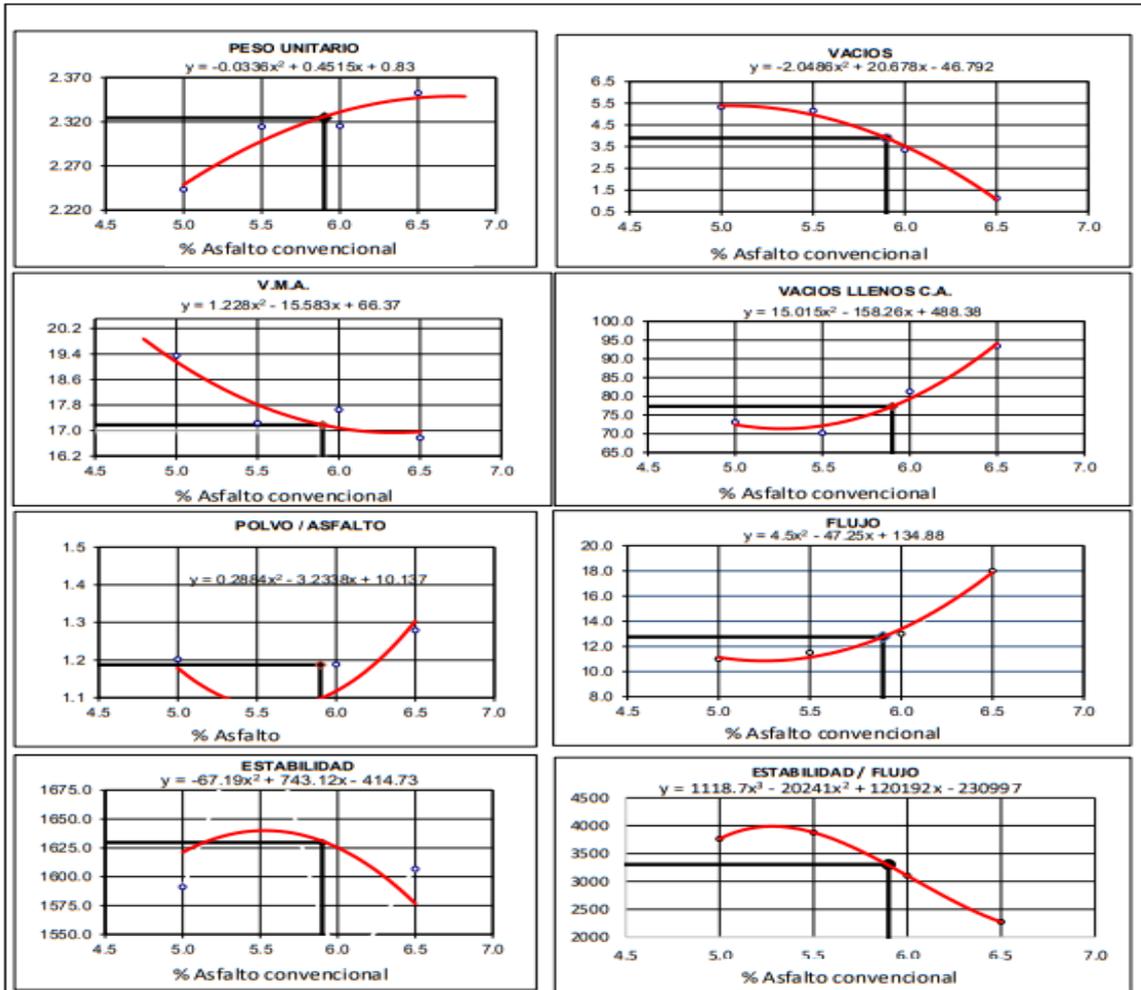
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Anexo 37: Peso unitario y vacios



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswyceirl.com

PROYECTO: TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"  
 SOLICITANTE: Bach. Wendy Analí Sánchez Monja  
 UBICACIÓN: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque. FECHA: DICIEMBRE, 2022



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C. A.	5.90	
P. UNITARIO	2.324	
VACIOS	3.9	3 - 5
V.M.A.	17.2	14.0
V. LL.C.A.	77.3	
POLVO / ASFALTO	1.19	0.6 - 1.3
FLUJO	12.8	8-14
ESTABILIDAD (min)	16.0	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3304.1	1700 - 4000



Anexo 38: Agregado fino

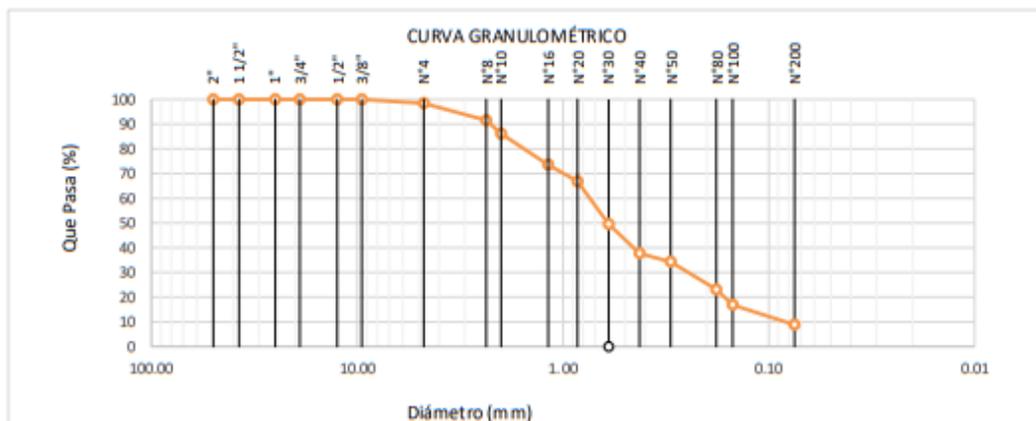


Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycelir.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS**  
**(MTC E204-ASTMC136-AASHTO T27)**

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	FECHA: Abril,2022	
<b>CANTERA:</b>	Batangrande		
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global		
<b>REFERENCIA:</b>	N.T.P.400.012		
<b>MUESTRA:</b>	Confitillo		

Malla Pulg.	Malla (mm.)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0	
1"	25.000	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	
Nº 4	4.750	1.6	1.6	98.4	
Nº 8	2.360	6.9	8.5	91.5	
Nº 10	2.000	5.3	13.8	86.2	
Nº 16	1.180	12.6	26.4	73.6	
Nº 20	0.850	6.7	33.2	66.8	100
Nº 30	0.600	17.3	50.4	49.6	95 - 100
Nº 40	0.425	11.9	62.3	37.7	80 - 100
Nº 50	0.300	3.4	65.7	34.3	50 - 85
Nº 80	0.180	11.2	76.9	23.1	25 - 60
Nº100	0.150	6.2	83.1	16.9	10 - 30
Nº200	0.075	8.0	91.2	8.8	2 - 10



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
*Wilson Claya Aguilar*  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

*Miguel Angel Ruiz Perales*  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 39: Agregado grueso

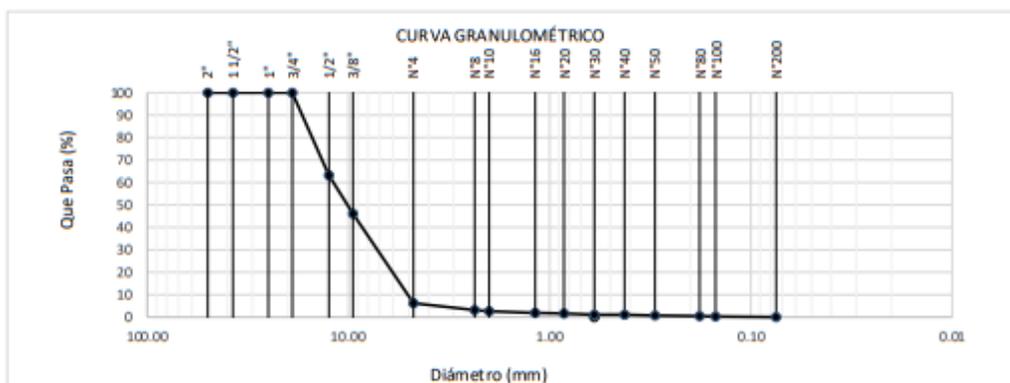


Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (MTC E204-ASTMC136-AASHTO T27)

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Analí Sánchez Monja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist, Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	FECHA: Abril, 2022	
<b>CANTERA:</b>	Batangrande		
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global		
<b>REFERENCIA:</b>	N.T.P.400.012		
<b>MUESTRA:</b>	Confitillo		

Pulg.	Malla	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
	(mm.)				
2"	50.000	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0	
1"	25.000	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.500	36.7	36.7	63.3	
3/8"	9.500	17.2	53.9	46.1	
Nº 4	4.750	39.9	93.8	6.2	
Nº 8	2.360	3.1	96.9	3.1	
Nº 10	2.000	0.5	97.4	2.6	
Nº 16	1.180	0.7	98.1	1.9	
Nº 20	0.850	0.2	98.4	1.6	100
Nº 30	0.600	0.5	98.9	1.1	95 - 100
Nº 40	0.425	0.0	98.9	1.1	80 - 100
Nº 50	0.300	0.4	99.3	0.7	50 - 85
Nº 80	0.180	0.3	99.5	0.5	25 - 60
Nº100	0.150	0.2	99.7	0.3	10 - 30
Nº200	0.075	0.3	100.0	0.0	2 - 10



#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

## Anexo 40: Combinado



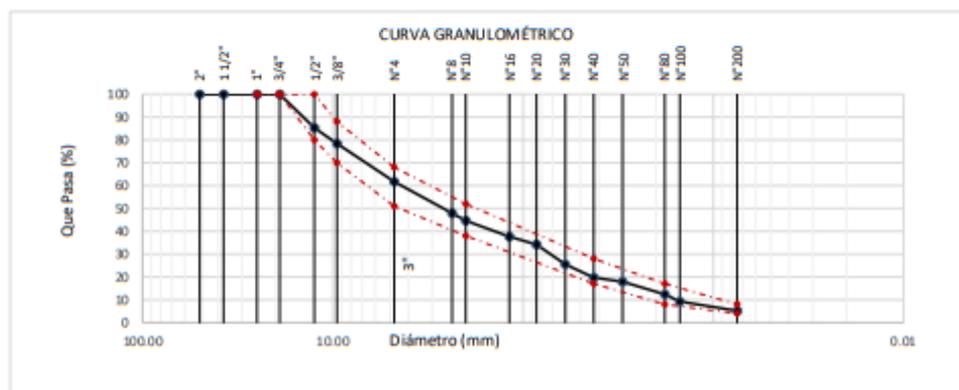
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (MTC E204-ASTMC136-AASHTO T27)

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE"		
<b>SOLICITANTE:</b>	Bach. Wendy Anali Sánchez Morja		
<b>UBICACIÓN:</b>	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque	FECHA: Abril, 2022	
<b>CANTERA:</b>	Batangrande		
<b>ENSAYO:</b>	AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global		
<b>REFERENCIA:</b>	N.T.P. 400.012		
<b>MUESTRA:</b>	Confitillo		

#IREFI : Dosificación de agregados para diseño de mezcla de asfalto.

Malla	40.0	12.0	47.0	1.0	100.0	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	Confitillo	A. Fino	Filler	Combinado
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.500	63.3	100.0	100.0	100.0	85.3
3/8"	9.500	46.1	99.8	100.0	100.0	78.4
Nº 4	4.750	6.2	99.4	98.4	100.0	61.7
Nº 8	2.360	3.1	22.3	91.5	100.0	47.9
Nº 10	2.000	2.6	17.0	86.2	100.0	44.6
Nº 16	1.180	1.9	10.7	73.6	100.0	37.6
Nº 20	0.850	1.6	9.2	66.8	100.0	34.2
Nº 30	0.600	1.1	6.3	49.6	100.0	25.5
Nº 40	0.425	1.1	4.6	37.7	100.0	19.7
Nº 50	0.300	0.7	4.1	34.3	100.0	17.9
Nº 80	0.180	0.5	2.5	23.1	100.0	12.3
Nº 100	0.150	0.3	1.5	16.9	100.0	9.2
Nº 200	0.075	0.0	0.1	8.8	100.0	5.2



#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 41: VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE:” EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE”**

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE EL EFECTO DE LA FIBRA DE  
ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN  
CALIENTE**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en estandarizados	N de elementos
.948	.961	9

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
C1_AUTORECUPERACION_1FA_1.5CR	1.6750	.053	.943	.	.934
C2_AUTORECUPERACION_1FA_1.5CR	1.9417	.066	.841	.	.943
C3_AUTORECUPERACION_1FA_1.5CR	2.0433	.055	.948	.	.932
C1_AUTORECUPERACION_3FA_1.5CR	1.6383	.066	.356	.	.969
C2_AUTORECUPERACION_3FA_1.5CR	1.9300	.065	.851	.	.942
C3_AUTORECUPERACION_3FA_1.5CR	2.0500	.061	.995	.	.934
C1_AUTORECUPERACION_5FA_1.5CR	1.6833	.056	.875	.	.937
C2_AUTORECUPERACION_5FA_1.5CR	1.9350	.062	.883	.	.938
C3_AUTORECUPERACION_5FA_1.5CR	2.0233	.060	.861	.	.938

  
**MAR BEDARDO BORALES CHARRRY**  
 LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
 COESPE N° 311

**ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	.042	5	.008		
Intra sujetos					
Entre elementos	1.347	8	.168	381.321	< .001
Residuo	.018	40	.000		
Total	1.365	48	.028		
Total	1.407	53	.027		

Media global = .2350

En las tablas se observa que, el instrumento es válido (correlaciones de Pearson superan el valor de 0.30 y el valor de la prueba de análisis de varianza es altamente significativo  $p < 0.01$  y confiable (el valor de consistencia Alfa de Cronbach es mayor a 0.80)

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Morales Chavarry Ivan Medardo	 Firma
<b>COLEGIATURA</b>	COESPE N° 311	
<b>TÍTULO</b>	Licenciado en Estadística	
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Magister	
<b>DATOS</b>	Cel.: 979645967	
	Correo: morales.ivanmedardo@gmail.com	DNI: 16723528

Validez y Confiabilidad Del Instrumento Sobre El Efecto De La Fibra De Acero y Caucho En La Autorrecuperación, En Mezclas Asfálticas En Caliente

Claridad

Mezcla asfáltica en caliente	
	Autorrecuperación
JUEZ 01	1
JUEZ 02	1
JUEZ 03	1
JUEZ 04	1
JUEZ 05	1

$$V = \frac{S}{n(c-1)}$$

S = Suma de valoración de todos los expertos por ítems.  
 n = Número de expertos que participaron en el estudio.  
 c = Número de niveles de la escala de valoración utilizada.

	Autorrecuperación
(S)	5
(N)	5
(C)	2
V de Aiken	1

Claridad

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

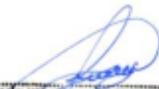
Contexto

Mezcla asfáltica en caliente	
	Autorrecuperación
JUEZ 01	1
JUEZ 02	1
JUEZ 03	1
JUEZ 04	1
JUEZ 05	1

	Autorrecuperación
(S)	5
(N)	5
(C)	2
V de Aiken	1

Contexto

V de Aiken por criterio	1
-------------------------	---

  
 IVÁN MEDARDO NOVALES CHAMARRÍ  
 LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
 COESPE N° 311

Congruencia

Mezcla asfáltica en caliente

Autorrecuperación

JUEZ 01	1
JUEZ 02	1
JUEZ 03	1
JUEZ 04	1
JUEZ 05	1

Autorrecuperación

(S)	5
(N)	5
(C)	2
V de Aiken	1

Congruencia

V de Aiken por criterio

1

Domnio del constructo

Mezcla asfáltica en caliente

Autorrecuperación

JUEZ 01	1
JUEZ 02	1
JUEZ 03	1
JUEZ 04	1
JUEZ 05	1

Autorrecuperación

(S)	5
(N)	5
(C)	2
V de Aiken	1

Domnio del constructo

V de Aiken por criterio

1

  
NAR BIEDARDO NOALES CHAMARRY  
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA  
COESPE N° 311

En las Tablas se observa que el instrumento utilizado para la investigación sobre el "Efecto de la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente" es válido (este coeficiente puede obtener valores de 0 a 1, a medida que va aumentando el valor de computado, el ítem tendrá una mayor validez de contenido)

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Morales Chavarry Ivan Medardo	 Firma
<b>COLEGIATURA</b>	COESPE N° 311	
<b>TÍTULO</b>	Licenciado en Estadística	
<b>GRADO ACADÉMICO</b>	Magister	
<b>DATOS</b>	Cel.: 979645967	DNI: 16723528
	Correo: morales.ivanmedardo@gmail.com	

Colegiatura N° 220657

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
CORONEL CALLE VIALEN EDILSON	RESPONSABLE DE ESTUDIOS Y PROYECTOS	Autorrecuperación	Sánchez Manja Wendy Anali
<b>Título de la Investigación:</b> Efecto de la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Autorrecuperación	A LUERDO	ACEPTABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Mezcla asfáltica en caliente								
1	Autorrecuperación	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable ( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Vincen Edison Coronel Calle - Proyectista en Carreteras*



CIP N° 220657  
Vincen E. Coronel Calle  
INGENIERO CIVIL

Juez  
Experto

Colegiatura N° 241942

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Aldana Mas Luisa Yako	Residente. en obra.	Autorrecuperación	Sánchez Manja Wendy Anali
<b>Título de la investigación:</b> Efecto de la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente			

**II. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Autorrecuperación	Auerdo	Aceptable.

**III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Mezcla asfáltica en caliente								
1 Autorrecuperación	✓		✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable (  ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil Lourdes Yuxari Aldana More - Residente en obras Viales



LOURDES YUXARI ALDANA MORE  
INGENIERA CIVIL  
REG. CIP. 241942

---

Juez  
Experto

Colegiatura N° 291382

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Sancal Gil Argus Jesús	Responsable de Unidad Formadora	Autorrecuperación	Sánchez Manja Wendy Anali
<b>Título de la Investigación:</b> Efecto de la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente			

**II. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Autorrecuperación	A	Aceptable

**III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>								
1	Autorrecuperación	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable ( ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Angie Jesús Sandoval Gil - Proyectista Obras Viales*

  
**ANGIE JESUS SANDOVAL GIL**  
**INGENIERA CIVIL**  
**REG. COP. 201882**

---

Juez  
Experto

Colegiatura N° 237259

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
José Pineda Rosa Henia.	Presidente de Obros	Autorrecuperación	Sánchez Manja Wendy Anall
<b>Título de la Investigación:</b> Efecto de la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACION Y OPINION
Autorrecuperación	Acuerdo	Aceptable

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1 Mezcla asfáltica en caliente								
1 Autorrecuperación	x		x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable (  ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Rosa María Torres Fvlas - Residente en Obras Viales*

  
-----  
*Rosa María Torres Fvlas*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 237239

---

Juez  
Experto

Colegiatura N° 183758

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Malabrado Eusebio Ray Solhogy	Jefe de obras - Municipalidad Distrito de Almas	Autorrecuperación	Sánchez Manja Wendy Anali
<b>Título de la Investigación:</b> Efecto de la fibra de acero y caucho en la autorrecuperación, en mezclas asfálticas en caliente			

**II. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Autorrecuperación	Acuerdo	Acceptable

**III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	Mezcla asfáltica en caliente								
1	Autorrecuperación	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  
.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (  ) Aplicable después de corregir (  )

No aplicable (  ) Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ingeniero Civil *Roy Anthony Maldonado Guevara - Presidente en Obras Viales*



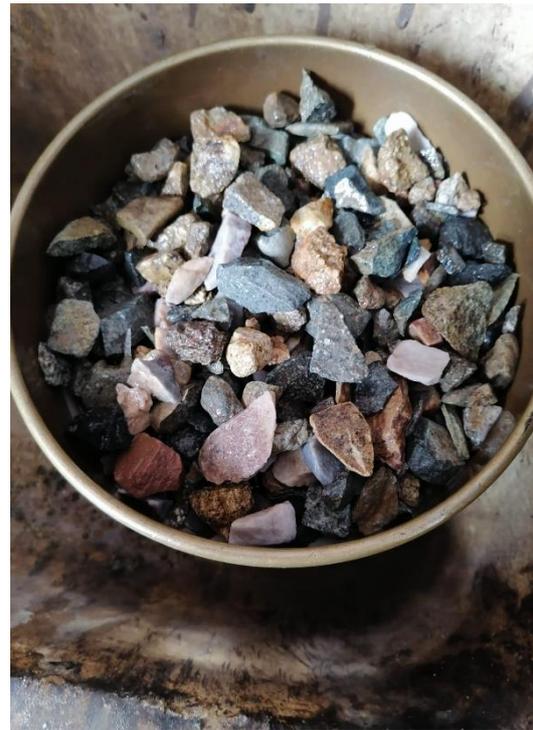
The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: "Roy Anthony Maldonado Guevara", "INGENIERO CIVIL", and "C.R. 123456789".

Juez  
Experto

**Anexo 42: PANEL FOTOGRAFICO**

1. Ensayos de Materiales pétreos agregado grueso y fino





2. Ensayos para el diseño de muestra convencional (Método Marshall).





3. Ensayos a la muestra modificada con fibras de acero y caucho





#### 4. Determinación de autorrecuperación en muestras asfálticas modificadas



ENSAYO: "FLEXION EN TRES PUNTOS EN PROBETAS SEMICIRCULARES"  
M.4: 3% FA + 1.5% CR  
TESIS: EFECTO DE LAS FIBRAS ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACION EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
TESTISTA: WENDY ANALI SANCHEZ MONJA



ENSAYO: "CALENTAMIENTO EN MICROONDAS (HORNO)"  
M.4: 3% FA + 1.5% CR  
TESIS: EFECTO DE LAS FIBRAS ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACION EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
TESTISTA: WENDY ANALI SANCHEZ MONJA



**Anexo 42: AUTORIZACIÓN PARA RECOJO DE INFORMACIÓN**

## AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Pimentel, 20 de Abril del 2022

Quien suscribe:

Sr. Wilson Olaya Aguilar

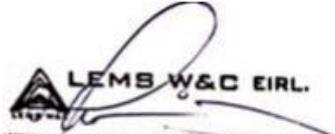
**REPRESENTANTE LEGAL DE COORDINACIÓN DE LABORATORIO – LEMS W&C EIRL.**

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado:

**EFFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Olaya Aguilar representante legal de coordinación del laboratorio LEMS W&C EIRL., AUTORIZO al estudiante: Sánchez Monja Wendy Analí, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, y autor del trabajo de investigación denominado EFECTO DE LA FIBRA DE ACERO Y CAUCHO EN LA AUTORRECUPERACIÓN, EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, al uso de dicha información de hojas de cálculos entre otros como plantillas para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de investigación, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.



**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
GERENTE GENERAL  
DNI: 41437114

Representante legal de "LEMS W&C"

**Wilson Olaya Aguilar:** DNI N°41437114  
Tec. Coordinador de Laboratorio / Talleres