



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Identificación y evaluación de materiales sostenibles en pavimentos
asfálticos y su aplicabilidad en la región de Piura

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Zapata Garcia, Cecilia Melissa (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

ASESOR:

Dr. Sagastegui Plasencia, Fidel German (orcid.org/0000-0003-0836-0062)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenibles y adaptación al cambio climático

PIURA– PERÚ

2023

DEDICATORIA

Gracias a todas las personas importantes en mi vida (padres, hermano, sobrinos, y en especial a mi querida abuelita), que siempre estuvieron listos para brindarme todo su ayuda incondicional, ahora me toca regresar todo lo inmenso que me han otorgado. Esto va con todo mi cariño, esta tesis va dedicado a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, por guiarme y acompañarme en todo momento a lo largo de la carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de bendición, experiencias, aprendizaje y sobre todo felicidad.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis Completa titulada: "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGION DE PIURA.", cuyo autor es ZAPATA GARCIA CECILIA MELISSA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 30 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMAN DNI: 18173778 ORCID: 0000-0003-0836-0062	Firmado electrónicamente por: FSAGASTEGUIP el 30-12-2023 07:40:16

Código documento Trilce: TRI - 0712982



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ZAPATA GARCIA CECILIA MELISSA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGION DE PIURA.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ZAPATA GARCIA CECILIA MELISSA DNI: 73111168 ORCID: 0000-0001-9518-8971	Firmado electrónicamente por: CZAPATAGA el 02-01- 2024 10:12:16

Código documento Trilce: INV - 1566866

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis .	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN	48
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	52

ANEXOS.....	
ANEXO 01. TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	
ANEXO 02. TABLA DE MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	
ANEXO 03. ANÁLISIS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE VIDRIO MOLIDO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ.....	
ANEXO 04. PANEL FOTOGRÁFICO.....	
ANEXO 05. MATRIZ EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS.....	
ANEXO 06. RESULTADO DE SIMILITUD DEL PROGRAMA TURNITIN.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
Tabla 2. Análisis Granulométrico de la ceniza de paja de arroz	17
Tabla 3. Análisis Granulométrico de residuos de vidrio triturado	18
Tabla 4. Resultados del Peso Específico y %Absorción del agregado grueso y finos natural.....	19
Tabla 5. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregados naturales	21
Tabla 6. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregados naturales	22
Tabla 7. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregados naturales	23
Tabla 8. Diseño de Mezcla asfáltica convencional	25
Tabla 9. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales.	25
Tabla 10. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	27
Tabla 11. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	28
Tabla 12. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	29
Tabla 13. Diseño de Mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	31
Tabla 14. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	31
Tabla 15. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	33
Tabla 16. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	34
Tabla 17. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	35
Tabla 18, Diseño de Mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	37
Tabla 19. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	

.....	37
Tabla 20. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	39
Tabla 21. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	40
Tabla 22. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	41
Tabla 23. Diseño de Mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	43
Tabla 24. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	43
Tabla 25. Características Marshall de las diferentes mezclas asfálticas	44
Tabla 26. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales	45
Tabla 27. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	45
Tabla 28. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	46
Tabla 29. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	46
Tabla 30. Operacionalización de variables	58
Tabla 31. Matriz de consistencia.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo de Análisis Granulométrico de ceniza de paja de arroz	61
Figura 2. Ensayo de Análisis Granulométrico de residuo de vidrio triturado	62
Figura 3. Peso específico y %Absorción del agregado grueso natural	63
Figura 4. Gravedad específica y %Absorción del agregado fino natural	64
Figura 5. Gravedad específica y %Absorción del agregado fino y su reemplazo del 2% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	65
Figura 6. Peso específico y %Absorción del agregado fino y su reemplazo del 4% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	66
Figura 7. Peso específico y %Absorción del agregado fino y su reemplazo del 6% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	67
Figura 8. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregados naturales	68
Figura 9. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregados naturales	69
Figura 10. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregados naturales	70
Figura 11. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales	71
Figura 12. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados naturales	72
Figura 13. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	73
Figura 14. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	74
Figura 15. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	75
Figura 16. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja	

de arroz.....	76
Figura 17. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	77
Figura 18. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	78
Figura 19. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	79
Figura 20. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	80
Figura 21. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	81
Figura 22. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	82
Figura 23. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	83
Figura 24. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	84
Figura 25. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz	85
Figura 26. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	86
Figura 27. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja	

de arroz.....	87
Figura 28. Obtención del peso de los agregados y cemento asfáltico	88
Figura 29. Medición de temperatura	88
Figura 30. Proceso de mezclado de agregados, ceniza de paja de arroz y vidrio triturado en estufa	89
Figura 31. Conformación de briquetas.....	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis granulométrico de ceniza de paja de arroz y residuos de vidrio triturado.....	19
Gráfico 2. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales	24
Gráfico 3. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso y reemplazando el 2% del agregado fino por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	30
Gráfico 4. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	36
Gráfico 5. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz.....	42

RESUMEN

La presente tesis titulada “Identificación y Evaluación de materiales sostenibles en pavimentos asfálticos y su aplicabilidad en la región de Piura” se basa en el reemplazo del agregado fino por la ceniza de paja de arroz y vidrio triturado en porcentajes de 2%, 4% y 6% para un pavimento asfáltico y su aplicabilidad en la región Piura.

Este estudio tiene como objetivo primordial identificar y evaluar los materiales sostenibles para pavimentos asfálticos y su aplicabilidad, para poder desarrollar este objetivo es indispensable determinar las propiedades mecánicas y físicas y de los materiales sostenibles (la ceniza de paja de arroz adicionando vidrio triturado) y su vez, determinar el diseño de mezcla asfáltica y cumplir con su estabilidad y flujo.

Llegando a la conclusión la estabilidad del diseño de mezcla asfáltica aumenta cuando se reemplaza el 2% del agregado fino por la ceniza de paja de arroz y vidrio triturado obteniendo una estabilidad de 1892 lbs, y va disminuyendo cuanto mayor porcentaje se reemplace el agregado fino con respecto a la mezcla utilizando los agregados naturales; sin embargo, el contenido óptimo de flujo es el que se usa solamente agregados naturales en la mezcla asfáltica, obteniendo un flujo de 11.82”.

Palabras clave: ceniza de paja de arroz, vidrio triturado, mezcla asfáltica, estabilidad, flujo.

ABSTRACT

This thesis entitled “Identification and Evaluation of sustainable materials in asphalt pavements and their applicability in the Piura region” is based on the replacement of fine aggregate with rice straw ash and crushed glass in percentages of 2%, 4% and 6% for an asphalt pavement and its applicability in the Piura region.

The primary objective of this study is to identify and evaluate sustainable materials for asphalt pavements and their applicability. In order to develop this objective, it is essential to determine the mechanical and physical properties of the sustainable materials (rice straw ash adding crushed glass) and their Once, determine the asphalt mixture design and comply with its stability and flow.

Coming to the conclusion, the stability of the asphalt mixture design increases when 2% of the fine aggregate is replaced by rice straw ash and crushed glass, obtaining a stability of 1892 lbs, and decreases as the greater percentage of the fine aggregate is replaced with regarding the mixture using natural aggregates; However, the optimal flow content is when only natural aggregates are used in the asphalt mixture, obtaining a flow of 11.82”..

Keywords: rice straw ash, crushed glass, asphalt mixture, stability, flow

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, lo primordial en la industria de la pavimentación de carreteras es fortalecer su desarrollo sostenible y baja en carbono, el uso de pavimento asfáltico recuperado consiste en una propuesta interesante y atractiva, evaluando tanto económico y ambiental. El pavimento asfáltico recuperado este compuesto por material terroso compuesto por asfalto y árido, siendo más explícito cuando se retira el asfalto antiguo para su reconstrucción es donde se generan estos materiales, teniendo en cuenta que es necesario su clasificación para su uso en la construcción de carreteras. Asimismo, las mezclas que contengan un 50% de pavimentos de asfalto recuperado disminuye el costo hasta un 34%.

Los principales desafíos que enfrentan los países desarrollados y en desarrollo durante los últimos años es la creciente crisis energéticas y los problemas medioambientales, lo que ha conllevado a que se realice esfuerzos para mejorar la relación entre tecnología, medio ambiente y desarrollo sostenible. Para superar estos desafíos, le toman mayor importancia al desarrollo y utilización de recursos renovables en la construcción de carreteras.

Los problemas críticos son los residuos, y que va incrementando con el paso del tiempo, lo que impide el reciclaje y una buena gestión, por tal efecto estos deben manejarse de manera efectiva a través de la utilización en la producción de mezclas asfálticas. Por tal motivo es un enfoque que se viene desarrollando y considerando para reducir costos, reducir el impacto ambiental, actuante como modificador para la mejora de las características y aditivos reciclados para el desarrollo de su trabajabilidad aumentando su vida útil del pavimento, es el uso de los materiales de desecho para un pavimento asfáltico sostenible.

Para esto es importante indicar que el estado de las vías en nuestro país no es el más adecuado, la red vial pavimentada o afirmada con asfalto es del 36.2% de la totalidad en caminos en el Perú, mientras que en la región de estudio que es Piura el 19.1% de acuerdo con el Índice de Competitividad Regional (INCORE, 2022), cabe resaltar que la funcionalidad que debe ofrecer la red de carreteras de un país es de importancia tanto para la seguridad y comodidad de los habitantes.

La presente tesis justifica que los materiales para pavimentos asfálticos sostenibles se clasifican según sus propiedades. Como tal, lo ideal es identificar los nuevos o mejores materiales para pavimentos asfálticas sostenibles para su aplicabilidad en la región de Piura, adaptando técnicas de estabilización para optimar la utilización en materiales recuperados.

Ante la presente problemática expongo la siguiente pregunta como **problema general** es ¿De qué manera influye los materiales innovadores para pavimentos asfálticos en la sostenibilidad?, de la misma manera la formulación de los **problemas específicos** son: ¿En qué medida los estudios previos ayudan a identificar los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles?, ¿en qué medida las propiedades físicas de los nuevos materiales influye en el pavimento de asfalto sostenible?, ¿en qué medida la resistencia de la mezcla asfáltica influye en los pavimentos de asfalto sostenible?, ¿en qué medida influye los nuevos materiales en los beneficios económicos para los pavimentos de asfalto sostenible?

Esta tesis tiene como **objetivo general** Identificar y evaluar los materiales innovadores que contribuyan en el pavimento de asfalto sostenible y su aplicabilidad en la Región Piura; así mismo los **objetivos específicos** son: Identificar y determinar los nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura, como segundo objetivo fue: Determinar las propiedades físicas de los nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura; como tercer objetivo fue: Determinar la resistencia de la mezcla asfáltica para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura, y finalmente el cuarto objetivo fue: Evaluar los beneficios económicos al aplicar nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura.

Como **hipótesis principal** es la siguiente; la aplicación de los nuevos materiales para pavimentos asfálticos contribuyen la sostenibilidad. Y como **hipótesis específicas** son: Los estudios previos ayudan a la identificación de los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles en la Región Piura, Los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mejora sus propiedades físicas, Los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mejora la resistencia en el diseño de mezcla.

II. MARCO TEÓRICO

La presente tesis es innovadora en el Perú, resaltando que existen referencias internacionales que respaldan dicho proyecto que ya se vienen desarrollando materiales innovadores para pavimentos asfálticos sostenibles, a continuación, describiré los **antecedentes**:

(Nura & Abdulnaser, 2023) en su artículo denominado “Modelado y optimización del contenido de asfalto, polvo de Clinker de aceite de palma de desecho y ceniza de paja de arroz de desecho para la pavimentación de asfalto sostenible empleando la metodología de superficie de respuesta: un estudio piloto” nos refieren que la gestión de residuos es cada vez más importante en todo el mundo, y la incorporación de residuos agrícolas en la industria de los pavimentos representa una estrategia prometedora para lograr la sostenibilidad y mejorar las propiedades de la mezcla. Los autores en este estudio, optimizaron y determinaron el contenido óptimo de aglutinante asfáltico de mezclas de hormigón asfáltico modificadas con polvo de Clinker de aceite de palma residual y ceniza de paja de arroz residual para mejorar sus propiedades de ingeniería. Los autores manifiestan que optimizaron las interacciones entre tres variables independientes (contenido de ligante asfáltico, polvo de Clinker de aceite de palma residual y ceniza de paja de arroz residual) en el peso unitario a granel de la mezcla, el vacío en la mezcla total, la estabilidad Marshall y los valores de flujo, el enfoque y la respuesta del diseño de la mezcla Marshall utilizaron la metodología de superficie con un diseño de Box-Behnken. Para ello se prepararon muestras de polvo de Clinker de aceite de palma residual que contenían 2%, 4%, 6% y 8% en peso de mezclas asfálticas, al igual que las muestras de ceniza de paja de arroz residual que contenían 25 %, 50 %, 75 % y 100 % en peso de relleno, con un contenido de ligante asfáltico que oscilaba entre 4 y 6 % en peso de la mezcla. Dando como resultados que el modelo estadístico muestran que todas las respuestas fueron significativas, paralelo a ello con altos coeficientes de correlación (R^2) de 0,9840, 0,9971, 0,9920 y 0,9891 para el peso unitario a granel de la mezcla, el vacío en la mezcla total, estabilidad Marshall y flujo, respectivamente. Asimismo, los autores observaron que los efectos individuales de las variables de entrada y las interacciones sinérgicas entre las tres variables influyen en todas las respuestas. Para ello la optimización numérica

produjo valores óptimos de contenido de ligante asfáltico, polvo de Clinker de aceite de palma residual y ceniza de paja de arroz residual y contenido de asfalto de 8%, 74% y 5%, respectivamente. Alternativamente el error medio de todas las respuestas fue inferior al 5%, lo que indican dichos autores que los valores predichos concuerdan bien con los datos experimentales y que los modelos generados reflejan con precisión los resultados experimentales. Por cuanto dichos autores llegaron a la conclusión y con base en los hallazgos del estudio, las cuales indican que la metodología de superficie es un método efectivo que nos muestra la facilidad de determinar un contenido óptimo de ligante y modificador de asfalto en mezclas asfálticas. Así también refieren que permite identificar las variables de mayor importancia para la respuesta de la mezcla asfáltica y permite la optimización de la mezcla para mejorar el rendimiento. Por último, descubrieron que la incorporación de contenido de ligante asfáltico, polvo de Clinker de aceite de palma residual y ceniza de paja de arroz residual en las mezclas de asfalto mejora las propiedades volumétricas y Marshall, lo que da como resultado un enfoque más sostenible en la industria del pavimento.

(Khana & Puppalab, 2023) en su artículo designado “Pavimento sostenible con capa base de pavimento de asfalto recuperado reforzado con geoceldas” nos exponen que, de acuerdo con la Política de la Administración Federal de Carreteras, el material reciclado debe ser la máxima prioridad al seleccionar los materiales del pavimento. Sin embargo, la calidad del material recuperado/reciclado debe cumplir con el estándar mínimo para garantizar beneficios a largo plazo. Para eso este estudio utilizamos geoceldas para mejorar el rendimiento del material de pavimento asfáltico recuperado. Se construyeron tres secciones de prueba de pavimento con bases de pavimento asfáltico recuperado reforzadas con geoceldas de 0,15, 0,20 y 0,30 m de espesor al reemplazar la capa base existente de una carretera de la granja al mercado ubicada en la parte sur de Fort Worth, Texas, EE. UU. Por lo tanto, estas secciones de prueba fueron monitoreadas por un período de tres años para evaluar el rendimiento del pavimento en términos de formación de surcos, grietas y calidad de conducción. Además del monitoreo regular, también se realizaron pruebas con deflectómetro de caída de peso para determinar el módulo de la capa base. Por último los autores dieron como resultado y mostraron

que la capa de geoceldas redujo la deformación permanente en al menos un 36 % en comparación con la sección no reforzada. Por lo tanto, la aplicación de geoceldas también ayudaron a controlar el agrietamiento longitudinal de abajo hacia arriba de las secciones de prueba al proporcionar un soporte uniforme. Así mismo la prueba deflectómetro de caída de peso par reveló que la geo celda mejoró la rigidez de la capa de pavimento asfáltico recuperado con bases reforzada con geoceldas en un 20 %, el costo de construcción de la capa fue un 22,9 % inferior al de la capa base flexible tradicional. Finalmente, con la sustitución del material base flexible por material pavimento asfáltico recuperado con bases reforzada con geoceldas podría reducir la emisión de CO₂ en 37 toneladas por cada carril-km.

(Gkyrtis, Plati, & Loizos, 2023) en su artículo titulado “Desempeño estructural de la base de asfalto espumado en un pavimento recuperado y sostenible de profundidad completa” nos relatan que la conciencia medioambiental y las limitaciones presupuestarias en la construcción y rehabilitación de carreteras exigen soluciones innovadoras y al mismo tiempo respetuosas con el medio ambiente para que exista una mejor conservación de los recursos, en cualquier tipo para la intervención de los pavimentos. Mientras tanto, las intervenciones superficiales en pavimentos severamente deteriorados son insuficientes, lo que aumenta el potencial de reciclaje de los materiales existentes en Full Depth Reclamation. Este estudio aborda la eficiencia de un proceso en Full Depth Reclamation en el que la capa base reciclada de un pavimento semirrígido existente se estabiliza con asfalto espumado. Los efectos adversos del curado de asfalto espumado, que tienen un impacto significativo en la evaluación del pavimento, particularmente en el ciclo de vida de un pavimento durante las primeras etapas, impulsaron la realización de una campaña de prueba integral en dos períodos diferentes, poco después de la rehabilitación del pavimento y cinco años después. Los autores manifiestan que la campaña incluyó pruebas no destructivas en los períodos antes mencionados utilizando Ground Penetrating Radar y Falling Weight Deflectometer, que facilitan la evaluación estructural de la base pavimento espumado. Utilizando los datos de pruebas no destructivas recopilados, los principios de la teoría elástica multicapa y los algoritmos genéticos se utilizan para investigar el rendimiento de la base pavimento espumado. Dicho esto, ambas herramientas de análisis capturaron el

aumento de la resistencia de pavimento espumado en el segundo período, pero se observó una mayor variación del módulo asfalto espumado principalmente en el primer período de prueba, probablemente debido al efecto de curado. Además, algoritmos genéticos mostraron una ventaja sobre otras herramientas más convencionales para el análisis posterior de la rigidez del pavimento, lo que da como resultado un potencial de correlación interesante del módulo asfalto espumado con un parámetro basado en la deflexión que refleja la condición de la capa asfalto espumado. En general, este estudio contribuye al desarrollo de una metodología práctica adecuada para la evaluación de estructuras de pavimento no convencionales y sostenibles.

(Kadhim, y otros, 2022) en su artículo denominado “Desarrollo de una mezcla asfáltica medio templada, pos-tratada y sostenible para la capa superficial estructural” nos indican que la sostenibilidad y el reciclaje de materiales han adquirido cada vez más importancia en varios aspectos de la vida. Los autores describen que es bien sabido que el 95% de las carreteras están pavimentadas con mezcla asfáltica en caliente, sus materias primas requieren mucha energía para su preparación y dan lugar a la liberación de una cantidad considerable de CO₂ al medio ambiente. Los autores dieron como resultado, desarrollar nuevas tecnologías para preparar una nueva mezcla asfáltica sostenible que consuma menos energía y es ecológico se convierte en una necesidad. Esta investigación para los autores tiene como objetivo desarrollar una mezcla asfáltica semi-caliente sostenible por medio de la exposición de la mezcla de emulsión bituminosa en frío a un tratamiento posterior mediante la técnica de energía de microondas, así como la utilización de residuos de vidrio triturado como agregado fino. Los autores recomiendan que la mezcla recientemente desarrollada (mezcla de emulsión bituminosa semi-caliente) se evalúe en términos de dos fallas principales (fisuración y formación de surcos) utilizando la huella de la rueda y el porcentaje de tolerancia a la tracción indirecta, o el índice de tolerancia al agrietamiento, además de la evaluación volumétrica y de durabilidad en términos de contenido de vacíos de aire y prueba de estabilidad Marshall retenida. Los autores dan como resultados de ensayos mecánicos, volumétricos, y las propiedades de durabilidad indicaron que la mezcla desarrollada era relativamente comparable en algunas de las

propiedades con la mezcla de emulsión bituminosa en frío de referencia y superior en un aspecto. Además, el aspecto de la sostenibilidad logró con éxito mediante la sustitución de una cantidad significativa de agregado fino virgen con el vidrio de desecho triturado. Finalmente, los autores indican que, según los resultados del programa de prueba, se puede decir que el vidrio de desecho incorporado recientemente desarrollado puede funcionar como una capa de superficie estructural.

(Azadgoleh, y otros, 2022) en su artículo nombrado “Caracterización de la lixiviación de contaminantes de los pavimentos asfálticos: una revisión crítica de los métodos de medición, el pavimento asfáltico recuperado, el asfalto poroso y las mezclas asfálticas modificadas con residuos” nos expone que últimamente, la producción del pavimento se ha estado buscando el crecimiento sostenible mediante el reciclaje del pavimento asfáltico recuperado y la reutilización de otros desechos como reemplazo de componentes de la mezcla asfáltica. El autor indico que la incorporación de material de desecho en la mezcla asfáltica y la presencia de contaminantes como los gases de escape y la gasolina debido al tráfico de vehículos puede provocar la lixiviación de contaminantes de los pavimentos asfálticos a las capas subyacentes del suelo y los acuíferos subterráneos, lo que representa un grave riesgo para los ecosistemas y el medio ambiente. Así mismo para arrojar luz sobre la lixiviación de contaminantes de los pavimentos de asfalto, este proyecto presenta una revisión exhaustiva que se divide en cuatro áreas de investigación: evaluación de métodos de medición de lixiviación, lixiviación de materiales de asfalto reciclado, características de lixiviación de pavimentos de asfalto poroso y residuos modificados mezclas asfálticas. Además, el autor indica que se proporcionó una discusión crítica de los datos bibliométricos, el contenido de la literatura y las brechas de conocimiento en este dominio para ayudar a las agencias de carreteras y los científicos ambientales a abordar la lixiviación de contaminantes de los pavimentos de asfalto. Finalmente, el autor sugirió algunas posibles direcciones de investigación para futuros trabajos de investigación.

(Balbin Archi & Chochon Gomez, 2019) en su proyecto “Diseño de mezcla asfáltica con material reciclado para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo KM 90+000 al KM 95+000 de la carretera Canta a Huayllay ubicado en

el distrito y Provincia de Canta en el departamento de Lima” nos propone concluir el acumulado de cemento asfáltico de la mezcla, utilizando reutilización de materiales indispensable para el comportamiento mecánico de los pavimentos, así mismo determinaron el porcentaje de los agregados tanto gruesos como finos de la mezcla utilizando material reutilizado. Lograron que, dentro de las quince briquetas evaluadas, en diferentes porcentajes de cemento, comprobaron que el acumulado de cemento que suma en un 04.10% de unión al 3% alcanzado el principio del colado de la mezcla, adicionando el resultado de 7.1% para el asfalto necesario.

(Falcon Hyaynate, 2019) en su investigación “Estudio de dosificación de concreto asfáltico convencional mediante modificadores con polímeros para un tránsito pesado en el km 27, auxiliar Pan. Norte - Puente Piedra, Lima 2019” busca determinar su desempeño de componentes del concreto asfáltico utilizando ensayos para la calidad de la mezcla asfáltica en caliente para un pesado tráfico, así como su trabajabilidad del concreto asfáltico modificado con polímeros; finalmente, evaluaron las propiedades y su variación mecánicas del concreto asfáltico convencional e innovar con polímeros a través de porcentajes. Los resultados mostraron que se obtuvieron buenas propiedades en comparación con las mezclas de concreto asfáltico diseñadas, por lo que las mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS y ELVALOY con dosis de 2.50%, 3.50% y 5.0% mostraron mejores resultados que las mezclas convencionales. Respecto a los resultados de modificación del polímero SBS, el contenido óptimo de betún/polímero se obtuvo en 2,50% debido a un valor de equilibrio de 1810,3 KN y un caudal de 14,33 mm. Finalmente los resultados últimos de la modificación del polímero ELVALOY alcanzaron el contenido óptimo de asfalto/polímero del 2,5%, el valor de estabilidad en este momento es 1672 KN y el caudal es 13,7 mm.

PAVIMENTOS: Están constituidos por un compuesto de capas de materiales seleccionados, las mismas con estructuras y están diseñadas para soportar cargas ya sea por el tráfico y medio ambiente. (ECO Ediciones, 2022)

PAVIMENTOS CON CAPAS ASFÁLTICAS: Esta compuesta por una capa de rodadura asfáltica, consiste de materiales tratados con ligantes asfálticos. Así

mismo se apoya sobre una subrasante mejorada, o sobre el terreno natural. (ECO Ediciones, 2022)

MATERIALES ASFALTICOS: los materiales asfálticos son utilizados en pavimentos, en donde por lo general provienen del petróleo crudo; se identifica que estos asfaltos son de origen natural o industrial. A través de estos materiales ligantes de agregados pétreo se conforman las mezclas asfálticas por donde estos son los encargados de proporcionar a la capa asfáltica. (ECO Ediciones, 2022)

AGREGADO RECICLADO: son aquellos agregados que son obtenidos de una trituración mecánica de la carpeta asfáltica dando un segundo utilización con sus siglas RAP, y aumentando la capa base de un deteriorado pavimento. (Maylle, 2023)

PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO: cuyo material es reutilizado proveniente de la carpeta asfáltica, determinando cuando esta concluye su tiempo de vida o pierde en mayores cantidades sus propiedades. (Maylle, 2023)

CEMENTO ASFALTICO: el Ministerio de transporte y Comunicaciones nos informa que la cantidad y/o porcentaje perfecto de cemento asfáltico concentrado en la mezcla final del pavimento nos determina un tanto de material bituminoso. Actuando por conglomerante de mezclas áridos de origen mineral y debe cumplir las especificaciones técnicas de propiedades mecánicas de pavimentos flexibles. La cantidad óptima de cemento asfáltico requerida en una mezcla final de pavimento flexible se puede cuantificar o medir analizando los resultados del diseño de la mezcla asfáltica, finalmente estos resultados se determinan utilizando el método Marshall.

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE USANDO EL METODO MARSHALL. – Este método Marshall implica formulación y el diseño de mezclas asfálticas caliente. Lo pasado está basado en la prueba de durabilidad de las mezclas asfálticas MTC E 504 mediante el método Marshall. Obteniendo un diseño de mezcla óptimo, construyeron tubos de ensayo o muestras cilíndricas de 2,5 pulgadas de altura y cuatro pulgadas de diámetro utilizando distintas cantidades de contenido de asfalto (0,50% de variación entre sí). La primera parte muestra las

propiedades globales de las muestras o muestras: medición de la densidad aparente, la cantidad de porcentaje de huecos, cálculo del porcentaje en huecos minerales y cálculo del porcentaje de huecos en cemento asfáltico. Después, las muestras se probaron utilizando un aparato del diseño de Marshall obteniendo los siguiente: estabilidad y fluidez. La estabilidad de una muestra está definida por la carga máxima y además puede llegar a soportar al punto de falla o ruptura; cuando se alcanza este punto, se mide el caudal; está definido por el descenso del diámetro vertical de la muestra.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La siguiente investigación es de tipo aplicada, puesto que identificaremos los nuevos o mejores materiales para pavimentos asfálticos sostenibles y su aplicabilidad en la región de Piura, teniendo en cuenta los efectos de impacto económico, social y ambiental. Sampieri et al, mencionan que este tipo de investigación está orientada a resolver problemas. A su vez, Shanti y Sashi manifiestan que es aplicada para la búsqueda de una solución ante un problema práctico crítico. Por lo tanto, esta investigación es aplicada, debido a que la comparación de los objetivos se realizara por medio de técnicas como recolección de datos; así también tomaremos como referencias antecedentes internacionales, con similar problemática.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la presente tesis es experimental cuasiexperimental, dado que establece un vínculo entre las variables de efecto y causa que no se rige por una asignación aleatoria. Además, la presente investigación manipulo la variable con el objetivo de analizar su consecuencia en la variable dependiente.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente X1: MATERIALES INNOVADORES

Definición conceptual:

La búsqueda de productos alternativos de pavimentación, desarrollando e innovando nuevos materiales para carreteras que sean amigables con el medio ambiente.

Definición operacional

Se identificará los mejores materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mediante base de datos de revistas anexadas.

Dimensiones:

- ✓ Identificación de materiales nuevos
- ✓ Propiedades físicos y mecánicos de los nuevos materiales

Indicadores:

- ✓ Investigaciones previas.
- ✓ Análisis granulométrico, peso específico

Escala de medición:

Razón

VARIABLE DEPENDIENTE Y1: PAVIMENTO DE ASFALTO SOSTENIBLE

Definición conceptual:

Sostenibilidad es complacer a favor las propias necesidades sin exponer las capacidades de las futuras generaciones para complacer las suyas.

Definición operacional

Se realizará el diseño de mezcla asfáltica a través del método Marshall para posteriormente calcular su respectiva resistencia mediante rotura de briquetas.

Dimensiones:

- ✓ Diseño de mezcla asfáltica.
- ✓ Resistencia de mezcla asfáltica.
- ✓ Beneficios económicos

Indicadores:

- ✓ Diseño Marshall
- ✓ Rotura de briquetas
- ✓ Presupuesto por recolección de materiales.

Escala de medición:

Razón

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

La población o universo es la agrupación de todos los elementos, personas u objetos que concuerdan con una serie de especificaciones, Sampieri (2014).

Se considera como población la región de Piura

La población es un subgrupo para la muestra de interés dado que reúnen los datos y esta tiene que ser representativo de esta, Sampieri 2014. En tal sentido, se tomará como muestras no probabilísticas; ya que esta no está basada en la probabilidad, si no en características comunes de un grupo. Por lo que, la muestra de mi proyecto de investigación fue tomado en relación a los materiales para pavimentos asfálticos sostenibles; ubicada en la región de Piura.

3.3.1. Unidad de análisis

Se considerará 1m³ de mezcla asfáltica, considerando criterios de inclusión y exclusión.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizará un método de análisis de observación y de escritorio para evaluar cada objetivo, y una hoja de entrada proporcionada por el laboratorio correspondiente de las siguientes pruebas servirá como herramienta:

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

INDICADORES	UNIDAD DE ANALISIS	TECNICA	INSTRUMENTO
Investigaciones previas	Antecedentes nacional, local e internacional	Análisis documental	Tesis de proyectos de investigación de años anteriores
Análisis granulométrico	Muestra de agregados naturales	Ensayo de análisis granulométrico	Ficha de cálculo de Excel de análisis granulométrico
Peso específico	Muestra de agregados naturales	Ensayo de peso específico	Ficha de Excel de peso específico
Diseño de Marshall	Muestra de mezcla asfáltica	Ensayo de diseño Marshall	Ficha de Excel de diseño de Marshall
Rotura de briquetas	Mezcla asfáltica	Ensayo de diseño Marshall	Ficha de Excel de diseño de Marshall
Presupuesto por recolección de materiales	1m ³ de mezcla asfáltica	Análisis documental	Presupuesto

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.5. Procedimientos

Para llevar a cabo nuestro objetivo propuesto del proyecto de investigación; primeramente, se recopiló la información teórica a cerca de las dos variables. Posterior a ello, se identificó los mejores materiales existentes para pavimentos asfálticos sostenibles. Seguidamente se procedió a recolectar información vinculada a estudios de laboratorio previos que se realizaron, para que de esta manera nos permita determinar que material es mejor para una buena pavimentación considerando el impacto económico.

3.6. Método de análisis de datos

De acuerdo con el proyecto de investigación “Identificación de nuevos o mejores materiales para pavimentos asfálticos sostenibles y su aplicabilidad en la región de Piura”, para satisfacer con los objetivos determinados.

En cuanto a la presente investigación, para conocer la respuesta de los materiales

para pavimentos asfálticos, se realizó una serie de procesos que fueron desde la observación, análisis e interpretación, y búsqueda de información que requiere, y esta nos presenta los datos de forma organizada utilizando Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación que muestra se desarrolló con principios éticos; respetando la autoría de las fuentes confiables y de alto impacto, teniendo en cuenta y garantizado por la herramienta web Turnitin.

IV. RESULTADOS

Para poder cumplir con nuestro objetivo primordial denominado ***“Identificar y evaluar los materiales innovadores que contribuyan en el pavimento de asfalto sostenible y su aplicabilidad en la Región Piura”*** primero procederemos a desarrollar cada uno de los objetivos secundarios, debido que estos últimos son los pasos previos al objetivo principal.

Para ello, procederemos a desarrollar el primer objetivo secundario ***“Identificar y determinar los nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura”***, en donde, basándonos en nuestros antecedentes planteados en este presente proyecto, (Nura & Abdulnaser, 2023) establece un pavimento de asfalto sostenible empleando polvo de Clinker de aceite de palma de desecho y ceniza de paja de arroz, los cuales serán aplicados en la mezcla asfáltica en diferentes porcentajes cada uno. Así mismo, (Kadhim, y otros, 2022) en su investigación utilizaron los residuos de vidrio triturado como agregado fino en una mezcla de emulsión bituminosa en frío. Es por ello que, en nuestra investigación utilizaremos dos tipos de materiales que es la ceniza de paja de arroz y los residuos de vidrio triturado, los cuales reemplazarán en 2%, 4% y 6% al peso del agregado fino dentro de la mezcla asfáltica calculada mediante el Método Marshall.

Una vez identificado los nuevos materiales a aplicar en un pavimento de asfalto sostenible se procederá a desarrollar el segundo objetivo secundario denominado ***“Determinar las propiedades físicas de los nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura”***, procederemos a calcular las partículas con sus diferentes tamaños (ceniza de paja de arroz y residuos de vidrio triturado), mediante el Ensayo de Análisis Granulométrico.

A fin de la ceniza de paja de arroz se procederá pesar 500 gr. del material para proceder a vertirlo en la serie de tamices, en donde se determinará una serie de partículas:

Tabla 2. Análisis Granulométrico de la ceniza de paja de arroz

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	2.80	0.6	0.6	99.4
N° 8	2.360	7.50	1.5	2.1	98.0
N° 16	1.190	16.70	3.3	5.4	94.6
N° 30	0.600	20.40	4.1	9.4	90.6
N° 50	0.300	34.80	6.9	16.4	83.7
N° 100	0.150	33.70	6.7	23.1	77.0
N° 200	0.075	20.40	4.1	27.1	72.89
Pasante		366.5	72.9	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Como se muestra en la siguiente **Tabla 2**, la evaluación granulométrica de la ceniza de paja de arroz, en donde, la mayor cantidad de muestra se encuentra pasando la malla N° 200 con un peso de 366.50 gr; mientras que la menor cantidad se ubica en la malla N° 04 pesando 2.80 gr.

Con respecto a los residuos de vidrio triturado, se procedió a pesar 500 gr del material, el cual no será necesario realizar el lavado debido que no existe impurezas, por lo tanto, se procede a vaciar todo el material pesado en la serie de tamices y así determinamos la dimensión de las partículas:

Tabla 3. Análisis Granulométrico de residuos de vidrio triturado

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	5.00	1.0	1.0	99.0
N° 8	2.360	25.00	5.0	6.0	94.1
N° 16	1.190	80.00	15.8	21.8	78.2
N° 30	0.600	160.00	31.7	53.5	46.5
N° 50	0.300	125.00	24.8	78.2	21.8
N° 100	0.150	55.00	10.9	89.1	10.9
N° 200	0.075	5.80	1.2	90.3	9.74
Pasante		49.2	9.7	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Podemos visualizar que la **Tabla 3**, se visualiza la evaluación granulométrica del vidrio triturado, en donde, la mayor cantidad de muestra se encuentra retenida en la malla N° 30 con un peso de 160.00 gr; mientras que la menor cantidad se encuentra retenida en la malla N° 04 pesando 5.00 gr.

Teniendo en cuenta las partículas de los materiales de ceniza de paja de arroz y vidrio triturado a reemplazar como agregado fino en la mezcla asfáltica para el pavimento, se presenta el porcentajes de grava, arena y finos, de cada uno de ellos:

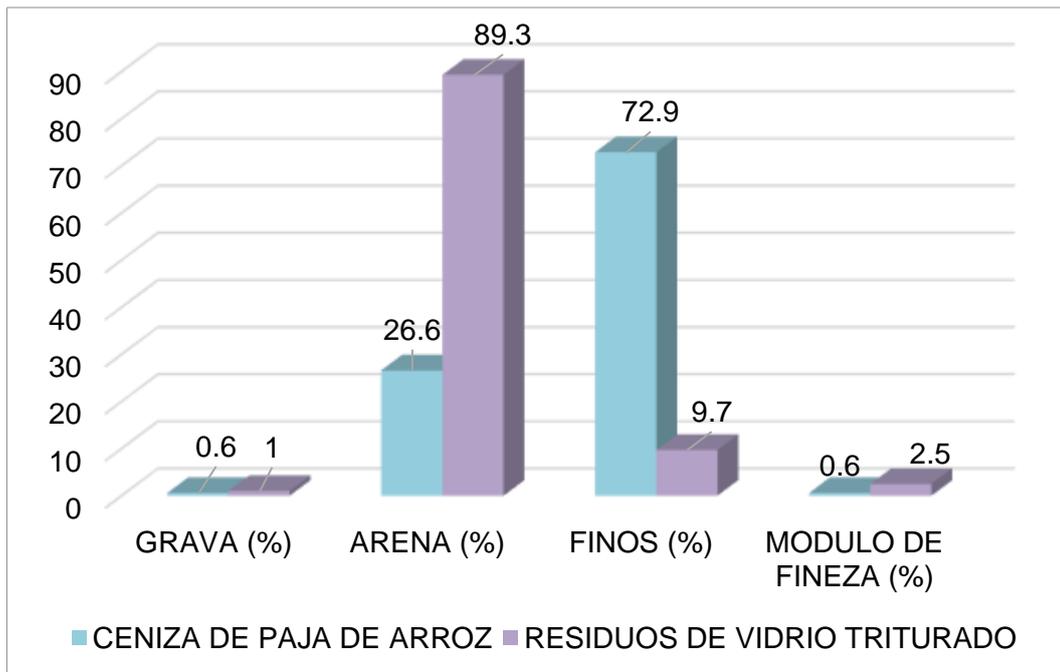


Gráfico 1. Análisis granulométrico de ceniza de paja de arroz y residuos de vidrio triturado.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Como se muestra en el **Gráfico 1**, se visualiza que la ceniza de paja de arroz presenta un alto porcentaje de finos correspondiente al 72.90% y los residuos de vidrio triturado presentan un mayor porcentaje de arena correspondiente al 89.30% de la muestra total analizada.

Posteriormente, se realizará el análisis de los gruesos y finos naturales procedentes de cantera, y a este último, se le reemplazará el 2%, 4% y 6% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz, para proceder a identificar el peso específico y %Absorción de cada muestra, resultando lo siguiente:

Tabla 4. Resultados del Peso Específico y %Absorción del agregado grueso y finos natural

	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO			
		NATURAL	-2%	-4%	-6%
Peso Específico	2.753	2.698	2.655	2.569	2.499
% Absorción	1.420	1.574	1.565	1.543	1.483

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

En la **Tabla 4**, verifica que el agregado fino presenta una mayor absorción y peso específico a comparación del agregado grueso; sin embargo, mientras esta le va reemplazando una cantidad de ceniza de paja de arroz y residuos de vidrio triturado al agregado fino, la absorción y el peso específico va disminuyendo.

Para desarrollar el tercer objetivo denominado **“Determinar la resistencia de la mezcla asfáltica para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura”** se ha realizado el diseño de estabilidad Marshall según Norma MTC E 504 utilizando agregados naturales, así como, los diseños reemplazando el 2%, 4%, 6% del agregado fino por el vidrio triturado y la ceniza de paja de arroz.

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA UTILIZANDO AGREGADOS NATURALES

Un total para 09 bloques de carbón fueron preparados para la prueba Marshall para el diseño de mezclas asfálticas utilizando agregados naturales. Para la prueba, la piedra premezclada se colocó en un horno, se calentó en un horno a 150°C durante 24 horas y luego se añadió cemento asfáltico en proporciones de 5,3%, 5,6% y 5,9%.

Cada molde se golpeó y compactó 75 veces en cada lado, luego se volvió a colocar en el horno a 140 °C durante 3 horas para realizar pruebas de gravedad específica y, finalmente, se colocó en un baño de agua durante 40 minutos para garantizar su rendimiento. Correspondiente avería de la máquina de estabilidad Marshall. Esto determina su flujo y estabilidad.

Tabla 5. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregados naturales

# DE BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.3	5.3	5.3	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.9	37.9	37.9	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.40	55.40	55.40	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.698	2.698	2.698	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1220.7	1217.9	1224.1	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1220.7	1217.9	1224.1	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	712.0	713.5	704.0	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	508.7	504.4	520.1	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	508.7	504.4	520.1	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	508.7	504.4	520.1	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.400	2.415	2.354	2.389
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.497	2.497	2.497	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	3.91	3.31	5.75	4.32
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,910	1,945	1,924	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1910	1867	1789	1856
25) FLUJO	11	10	12.5	11.17
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENS. AP. ARIDOS	2.272	2.287	2.229	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.726	2.726	2.726	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	16.62	16.11	18.22	18.23
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	76.50	79.45	68.45	74.80

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Tal y como se muestra en la **Tabla 5**, se visualiza el promedio para las tres briquetas realizadas con agregados naturales y cemento asfáltico en un 5.3%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.389 gr/cm³, %vacíos de 4.32%, estabilidad corregida de 1856 lbs y flujo de 11.17”.

Tabla 6. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregados naturales

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.6	5.6	5.6	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.20	55.20	55.20	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.698	2.698	2.698	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1230.4	1227.1	1225.7	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1230.4	1227.1	1225.7	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	710.2	713.2	712.8	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	520.2	513.9	512.9	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	520.2	513.9	512.9	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	520.2	513.9	512.9	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.365	2.388	2.390	2.381
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.490	2.490	2.490	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	5.01	4.10	4.02	4.38
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,930	1,939	1,934	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1930	1861	1799	1863
25) FLUJO	12.4	11.5	11	11.60
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENS. AP. ARIDOS	2.233	2.254	2.256	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.726	2.726	2.726	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	18.08	17.30	17.23	17.54
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	73.26	77.31	77.67	76.08

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se visualiza que en la **Tabla 6**, muestra el promedio de las tres briquetas realizadas con agregados naturales y cemento asfáltico en un 5.6%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.381 gr/cm³, %vacíos de 4.38%, estabilidad corregida de 1863 lbs y flujo de 11.60”.

Tabla 7. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregados naturales

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.9	5.9	5.9	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.10	55.10	55.10	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) PESO ESPECIFICO DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753	
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.698	2.698	2.698	
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA				
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1230.6	1225.7	1226.4	
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1230.6	1225.7	1226.4	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	712.3	719.5	718.4	
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	518.4	506.2	508.0	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P. E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	518.4	506.2	508.0	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	518.4	506.2	508.0	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.374	2.421	2.414	2.403
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.474	2.474	2.474	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	4.03	2.12	2.41	2.85
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,940	1,935	1,925	
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.93	
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1940	1858	1790	1863
25) FLUJO	13	12	13	12.70
26) L = 19 (100-1/100) DENSIDAD AP. ARIDOS	2.234	2.279	2.272	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.726	2.726	2.726	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	18.04	16.40	16.65	17.03
29) VACIOS LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	77.66	87.10	85.54	83.43

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Podemos ver que en la **Tabla 7**, muestra el promedio para las tres briquetas realizadas con agregados naturales y cemento asfáltico en un 5.9%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.403 gr/cm³, %vacíos de 2.85 %, estabilidad corregida de 1863 lbs y flujo de 12.70”.

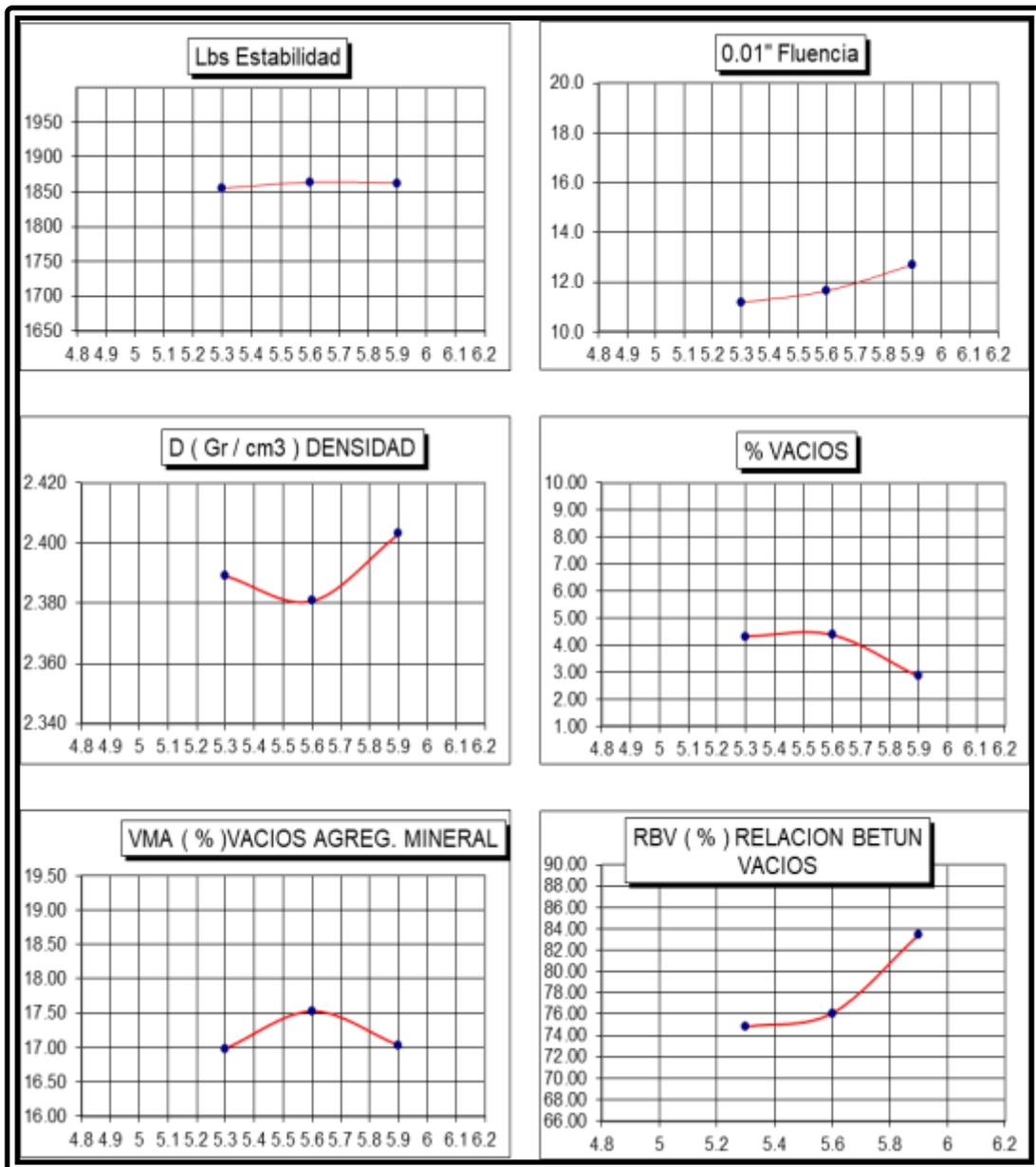


Gráfico 2. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Teniendo la relación de estabilidad, fluencia, peso unitario, %Vacíos, %Vacíos agregado mineral y %Vacíos en Betún, de las 03 briquetas utilizando agregados naturales y añadiendo cemento asfáltico en proporciones de 5.3%, 5.6% y 5.9%.

Se tomará el contenido óptimo de PEN 60/70 correspondiente a una vía de tráfico pesado, así también se considerará el 45% de piedra chancada de 1/2" de la cantera cerro mocho, y la mezcla de 55% de arenas (27.5% de arena gruesa y 27.50% de

arena fina) procedente de la cantera Huasimal de Chulucanas., por lo tanto, el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante el Ensayo Marshall, tenemos lo siguiente:

Tabla 8. Diseño de Mezcla asfáltica convencional

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. "BULL"	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.698	1667

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Tal y como se visualiza en la **Tabla 8**, nos presentan el peso aparente a usar de los agregados, resultando 1554 gr. de piedra chancada 1/2" y 1667 gr. de arena fina, correspondiente al 45% y 55% respectivamente.

Tabla 9. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales

CARACTERISTICAS		
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Glb/m3	5.70%
ESTABILIDAD (LBS)		1860
FLUJO (0.01")		11.82
VACIOS (%)		3.85
PESO UNITARIO (GR / CC)		2391
VACIOS DEL AGREG. MINERAL		17.18
VACIOS LLENOS DE C. ASF.		78.10

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se visualiza que en la **Tabla 9**, el resultado final de los tres promedios conseguidos de las muestras que han utilizado la proporción de cemento asfáltico en 5.3%, 5.6% y 5.9%, cuya estabilidad es de 1860 lbs y flujo de 11.82".

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA UTILIZANDO AGREGADO GRUESO NATURAL Y REEMPLAZANDO EL 2% DE A. F. POR VIDRIO TRITURADO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

El diseño de mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado, se realizó una suma de 09 de briquetas para someterlas al ensayo Marshall, y a fin que se lleve el ensayo, para esto los materiales pétreos ya mezclados se sometieron en el horno, estos son sometidos a temperaturas de 150°C en 24 horas siendo después añadido el cemento asfáltico en 5.3%, 5.6% y 5.9% porcentajes.

Procedimos a compactar los moldes con 75 golpes por cada lado, después introducimos nuevamente en el horno a 140°C por 03 horas llevando el ensayo del peso específico. Por último, se procede a baño maría por 40 minutos para su respectiva rotura en la máquina de Estabilidad Marshall. De esta manera se determina su flujo y estabilidad.

Tabla 10. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.3	5.3	5.3	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.9	37.9	37.9	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.40	55.40	55.40	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.655	2.655	2.655	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1219.3	1220.4	1225.4	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1219.3	1220.4	1225.4	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	710.2	703.1	704.0	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	509.1	517.3	521.4	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	509.1	517.3	521.4	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	509.1	517.3	521.4	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.355	2.339	2.280	2.325
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.477	2.477	2.477	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	4.91	4.55	6.63	5.36
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,937	1,945	1,924	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	1879
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1937	1883	1816	
25) FLUJO	11.9	10	11.2	11.03
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.230	2.215	2.159	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.700	2.700	2.700	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	17.19	17.75	19.82	17.32
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	72.60	69.86	60.99	67.81

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se visualiza que en la **Tabla 10**, el promedio para las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.3%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.325 gr/cm³, %vacíos de 5.36%, estabilidad corregida de 1879 lbs y flujo de 11.03”.

Tabla 11. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.6	5.6	5.6	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.20	55.20	55.20	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.655	2.655	2.655	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1221.4	1219.1	1216.3	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1221.4	1219.1	1216.3	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	712.7	711.1	709.4	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	508.7	508.0	506.9	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	508.7	508.0	506.9	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN APOPTADO	508.7	508.0	506.9	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.361	2.370	2.379	2.370
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.470	2.470	2.470	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	4.39	4.04	3.65	4.03
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,960	1,972	1,980	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1960	1893	1841	1898
25) FLUJO	12.4	11.5	11	11.6
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.229	2.237	2.246	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.700	2.700	2.700	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	17.24	16.93	16.60	16.92
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	76.69	78.37	78.79	77.95

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Visualizamos que **Tabla 11**, el promedio para las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.6%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.370 gr/cm³, %vacíos de 4.03%, estabilidad corregida de 1898 lbs y flujo de 11.03”.

Tabla 12. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.9	5.9	5.9	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.10	55.10	55.10	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.655	2.655	2.655	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1219.4	1223.7	1220.3	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1219.4	1223.7	1220.3	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	711.0	715.2	716.3	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	508.4	508.5	504.0	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	508.4	508.5	504.0	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	508.4	508.5	504.0	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.379	2.406	2.421	2.402
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.454	2.454	2.454	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	2.98	1.47	1.79	2.10
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	3.06	1.92	1.32	
23) FACT. DE ESTAB.	1,963	1,970	1,979	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1.00	0.96	0.93	1898
25) FLUJO	1963	1891	1840	12.00
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	12.7	11.2	12	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.700	2.700	2.700	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	16.90	15.92	15.41	16.07
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	80.56	86.68	88.22	85.15

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Para la **Tabla 12**, visualizamos el promedio de las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.9%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.402 gr/cm³, %vacíos de 2.10%, estabilidad corregida de 1898 lbs y flujo de 12.00”.

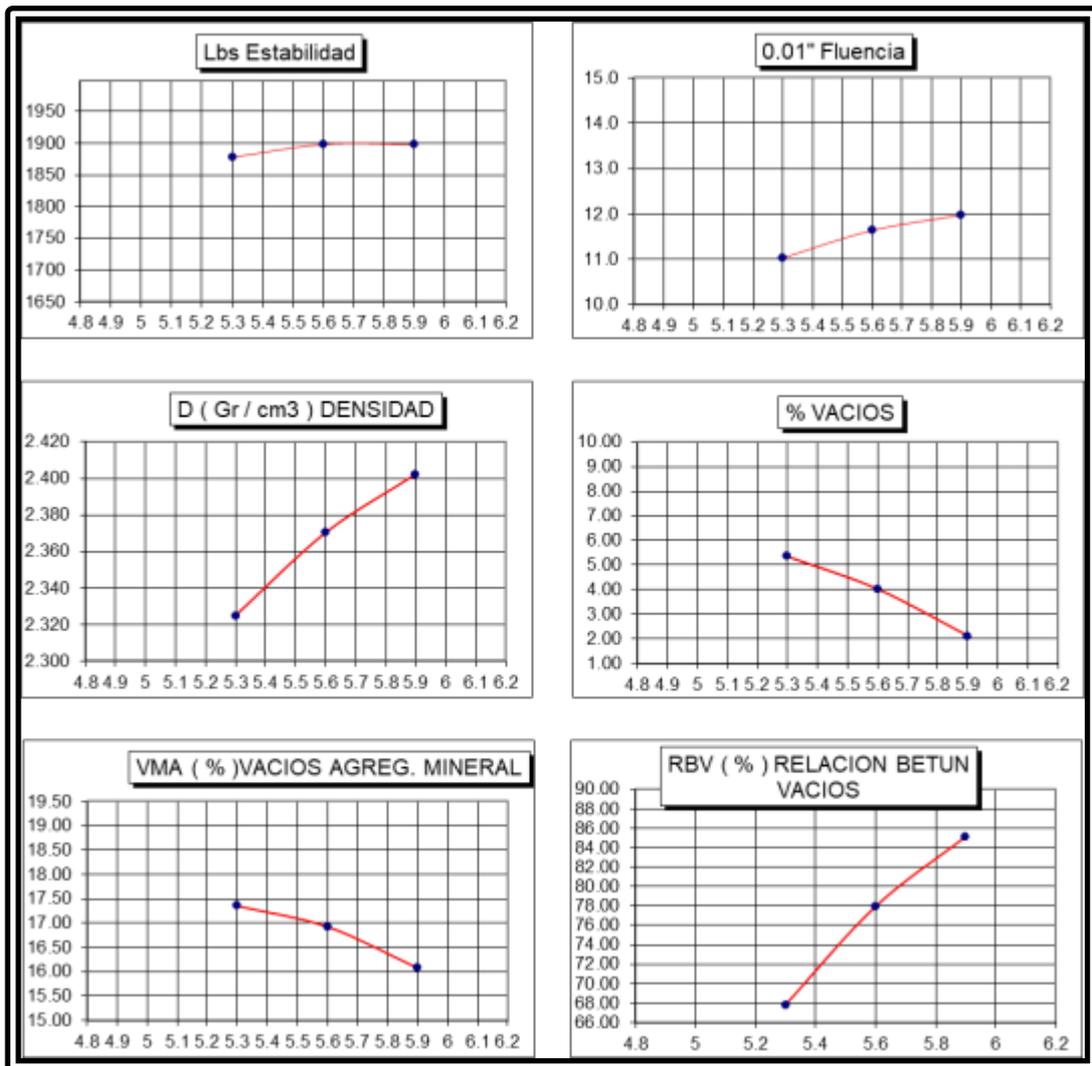


Gráfico 3. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso y reemplazando el 2% del agregado fino por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Teniendo la relación de estabilidad, fluencia, peso unitario, %Vacíos, %Vacíos agregado mineral y %Vacíos en Betún, de las 03 briquetas utilizando agregado grueso y reemplazando el 2% del agregado fino por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y añadiendo cemento asfáltico en proporciones de 5.3%, 5.6% y 5.9%.

Se tomará el contenido óptimo de PEN 60/70 correspondiente a una vía de tráfico pesado, así también se considerará el 45% de piedra chancada de 1/2" de la cantera cerro mocho, y la mezcla de 55% de arenas y reemplazando el 2% de A.F. por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado de éstas (27.5% de arena gruesa y 27.50%

de arena fina) procedente de la cantera Huasimal de Chulucanas., por lo tanto, el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante el Ensayo Marshall, tenemos lo siguiente:

Tabla 13. Diseño de Mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. "BULL"	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.655	1658

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Para la **Tabla 13**, presenta el peso aparente a usar de los agregados, resultando 1554 gr. de piedra chancada 1/2" y 1658 gr. de arena fina, correspondiente al 45% y 55% respectivamente.

Tabla 14. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

CARACTERISTICAS		
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Gln/m3	5.70%
ESTABILIDAD (LBS)		1892
FLUJO (0.01")		11.54
VACIOS (%)		3.83
PESO UNITARIO (GR / CC)		2366
VACIOS DEL AGREG. MINERAL		16.78
VACIOS LLENOS DE C. ASF.		76.97

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se visualiza que en la **Tabla 14**, el resultado final para los tres alcanzados en promedios de las Muestras que se han utilizado la proporción de cemento asfáltico en 5.3%, 5.6% y 5.9%, cuya estabilidad es de 1892 lbs y flujo de 11.54".

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA UTILIZANDO AGREGADO GRUESO NATURAL Y REEMPLAZANDO EL 4% DE A. F. POR VIDRIO TRITURADO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

Diseño de mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado, se trabajó la cantidad de 09 de briquetas para someterlas al ensayo Marshall, se llevó a cabo el ensayo, los materiales pétreos ya mezclados se sometió en el horno, con una temperatura de 150°C por 24 horas, después se adiciono el cemento asfáltico en porcentajes de 5.3%, 5.6% y 5.9%.

Cada molde se perforó y compactó 75 veces en cada lado, luego se volvió a colocar en el horno a 140 °C durante 3 horas para realizar pruebas de gravedad específica y, finalmente, se colocó en un baño de agua durante 40 minutos para garantizar su rendimiento. Correspondiente avería de la máquina de estabilidad Marshall. Esto determina su liquidez y estabilidad.

Tabla 15. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.3	5.3	5.3	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.9	37.9	37.9	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.40	55.40	55.40	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.569	2.569	2.569	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1220.3	1224.3	1237.1	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1220.3	1224.3	1237.1	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	704.3	710.4	700.1	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	516.0	513.9	537.0	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	516.0	513.9	537.0	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN APOPTADO	516.0	513.9	537.0	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.365	2.382	2.304	2.350
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.435	2.435	2.435	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	4.85	4.14	5.37	4.79
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,816	1,784	1,805	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	1736
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1816	1713	1679	
25) FLUJO	9.7	10	10.1	9.93
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.240	2.256	2.182	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.647	2.647	2.647	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	15.39	14.77	17.58	15.91
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	74.46	80.50	62.45	72.47

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se visualiza que en la **Tabla 15**, el promedio para las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.3%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.350 gr/cm³, %vacíos de 4.79%, estabilidad corregida de 1736 lbs y flujo de 9.93”.

Tabla 16. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.6	5.6	5.6	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.20	55.20	55.20	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.569	2.569	2.569	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1230.7	1224.2	1238.5	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1230.7	1224.2	1238.5	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	710.7	717.5	708.4	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	520.0	506.7	530.1	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	520.0	506.7	530.1	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	520.0	506.7	530.1	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.367	2.366	2.336	2.356
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.428	2.428	2.428	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	3.52	3.55	3.77	3.61
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,810	1,760	1,816	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1810	1690	1689	1729
25) FLUJO	9.1	10	9.7	9.60
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.234	2.234	2.206	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.647	2.647	2.647	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	15.59	15.62	16.67	15.96
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	75.01	74.85	70.46	73.44

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Visualizamos la **Tabla 16**, el promedio de las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.6%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.356 gr/cm³, %vacíos de 3.61%, estabilidad corregida de 1729 lbs y flujo de 9.60”.

Tabla 17. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.9	5.9	5.9	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.10	55.10	55.10	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.569	2.569	2.569	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	715.9	706.1	719.3	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	518.6	525.9	517.4	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	518.6	525.9	517.4	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	518.6	525.9	517.4	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.380	2.343	2.390	2.371
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.413	2.413	2.413	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	2.33	3.40	2.92	2.88
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,822	1,726	1,809	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1822	1657	1682	1720
25) FLUJO	10	9.1	8.7	9.3
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.240	2.204	2.249	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.647	2.647	2.647	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	15.37	16.72	15.03	15.71
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	81.35	75.67	86.85	81.29

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Observamos que en la **Tabla 17**, el promedio de las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.9%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.371 gr/cm³, %vacíos de 2.88%, estabilidad corregida de 1720 lbs y flujo de 9.30”.

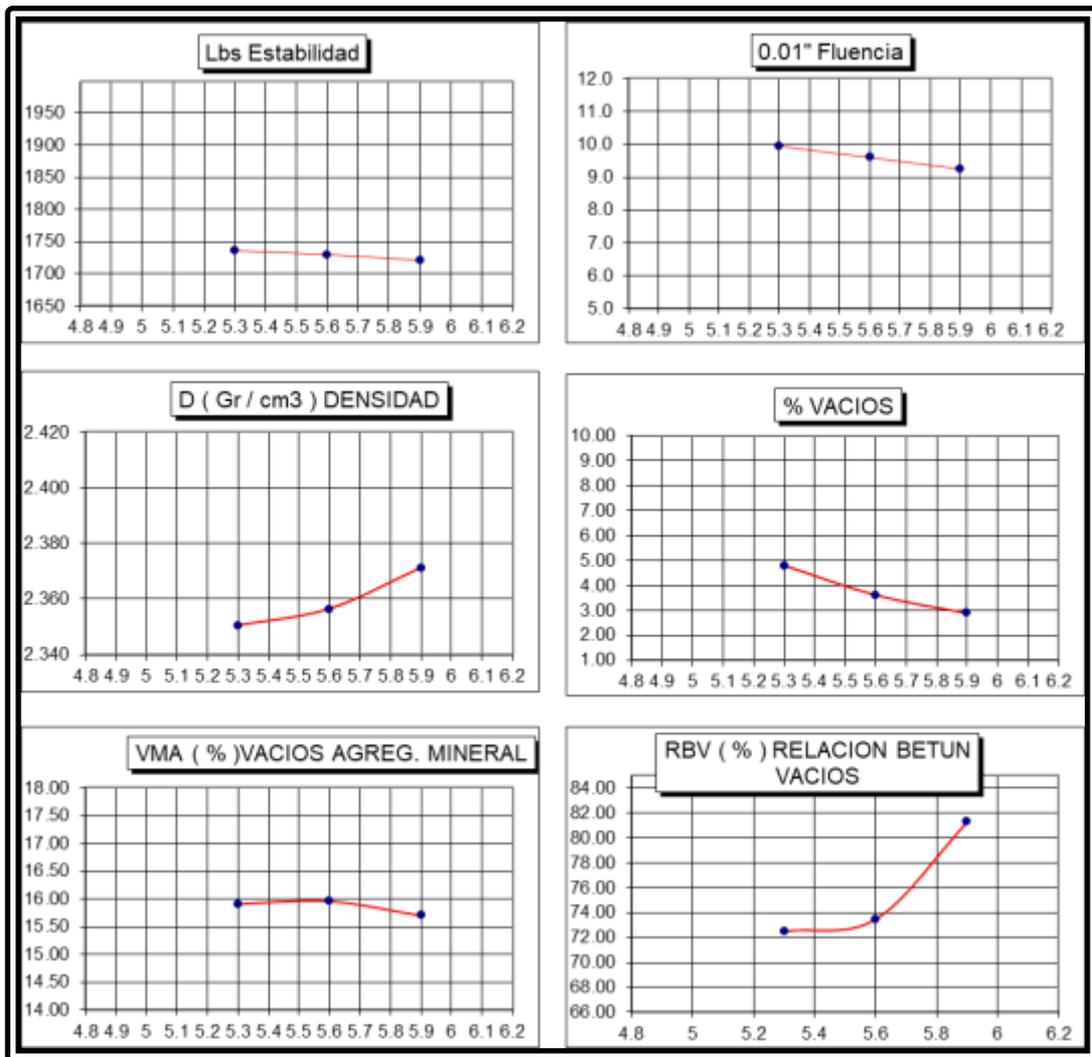


Gráfico 4. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Teniendo la relación de estabilidad, fluencia, peso unitario, %Vacíos, %Vacíos agregado mineral y %Vacíos en Betún, de las 03 briquetas utilizando agregado grueso y reemplazando el 4% del agregado fino por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y añadiendo cemento asfáltico en proporciones de 5.3%, 5.6% y 5.9%.

Se tomará el contenido óptimo de PEN 60/70 correspondiente a una vía de tráfico pesado, así también se considerará el 45% de piedra chancada de 1/2" de la cantera cerro mocho, y la mezcla de 55% de arenas y reemplazando el 4% de A.F. por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado de éstas (27.5% de arena gruesa y 27.50%

de arena fina) procedente de la cantera Huasimal de Chulucanas., por lo tanto, el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante el Ensayo Marshall, tenemos lo siguiente:

Tabla 18, Diseño de Mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. "BULL"	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.569	1620

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Presentamos la **Tabla 18**, y el peso aparente a usar de los agregados, resultando 1554 gr. de piedra chancada 1/2" y 1620 gr. de arena fina, correspondiente al 45% y 55% respectivamente.

Tabla 19. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

CARACTERISTICAS		
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	3.30 gln/m3	5.70%
ESTABILIDAD (LBS)		1729
FLUJO (0.01")		9.60
VACIOS (%)		3.76
PESO UNITARIO (GR / CC)		2359
VACIOS DEL AGREG. MINERAL		15.86
VACIOS LLENOS DE C. ASF.		75.73

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Observamos que en la **Tabla 19**, el resultado final de los tres porcentajes de las Muestras que se utilizaron la proporción de cemento asfáltico en 5.3%, 5.6% y 5.9%, cuya estabilidad es de 1729 lbs y flujo de 9.60".

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA UTILIZANDO AGREGADO GRUESO NATURAL Y REEMPLAZANDO EL 6% DE A. F. POR VIDRIO TRITURADO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

Diseño de mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural para reemplazar el 6% A.F. Utilizando una máscara de paja y vidrios rotos se elaboraron un total de 09 briquetas para la prueba de Marshall. Para realizar las pruebas, las piedras ya mezcladas se colocaron en un horno y se expusieron a una temperatura de 150°. C se mantiene caliente durante 24 horas, luego se agrega cemento asfáltico en proporciones de 5,3%, 5,6% y 5,9%.

Cada molde se perforó y compactó 75 veces en cada lado, luego se volvió a colocar en el horno a 140 °C durante 3 horas para realizar pruebas de gravedad específica y, finalmente, se colocó en baño maría durante 40 minutos para garantizar su rendimiento. Correspondiente avería de la máquina de estabilidad Marshall. Esto determina su flujo y estabilidad.

Tabla 20. Análisis de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.3	5.3	5.3	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.9	37.9	37.9	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.40	55.40	55.40	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.499	2.499	2.499	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1220.4	1243.5	1216.5	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1220.4	1243.5	1216.5	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	691.4	699.1	694.5	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	529.0	544.4	522.0	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	529.0	544.4	522.0	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	529.0	544.4	522.0	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.307	2.284	2.330	2.307
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.399	2.399	2.399	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	3.84	4.80	2.87	3.84
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,770	1,769	1,801	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	1714
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1770	1698	1675	
25) FLUJO	7	8	7.6	7.53
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.185	2.163	2.207	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.603	2.603	2.603	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	15.07	15.90	15.22	15.40
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	71.13	69.13	71.17	70.47

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Vemos que la **Tabla 20**, el promedio de las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.3%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.307 gr/cm³, %vacíos de 3.84%, estabilidad corregida de 1714 lbs y flujo de 7.53”.

Tabla 21. Análisis de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.6	5.6	5.6	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.20	55.20	55.20	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.499	2.499	2.499	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1226.3	1224.2	1238.5	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1226.3	1224.2	1238.5	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	702.4	694.3	690.4	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	523.9	529.9	548.1	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	523.9	529.9	548.1	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	523.9	529.9	548.1	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.341	2.310	2.260	2.304
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.393	2.393	2.393	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	2.17	3.45	5.57	3.73
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,824	1,701	1,734	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1824	1633	1613	1690
25) FLUJO	7.1	8.2	7.4	7.60
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.210	2.181	2.133	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.603	2.603	2.603	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	14.10	14.71	16.55	15.12
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	77.95	77.94	66.47	74.12

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se proyecta que en la **Tabla 21**, el promedio de las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.6%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.304 gr/cm³, %vacíos de 3.73%, estabilidad corregida de 1690 lbs y flujo de 7.60”.

Tabla 22. Análisis de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Nº BRIQUETA	1	2	3	PROM.
1) CONTENIDO DE ASFALTO EN P.M	5.9	5.9	5.9	
2) AGREG. GRUESO EN P.M	37.6	37.6	37.6	
3) AGREG. FINO EN P.M	55.10	55.10	55.10	
4) AGREG. FINO FILLER EN P.M	1.4	1.4	1.4	
5) P. ESPECIF. DEL C. A	1.000	1.000	1.000	
6) P. ESPECIF. DEL AGREG. G.	2.753	2.753	2.753	
7) P. ESPECIF. DEL AGREG. F.	2.499	2.499	2.499	
8) P. ESPECIF. DEL FILLER	3.15	3.15	3.15	
9) ALT. PROM. DE LA BRIQ.				
10) P. DE LA BRIQ. AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7	
11) P. DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7	
12) PESO DE LA BRIQ. MAS LA PARAF. AL AGUA	703.1	692.4	697.3	
13) VOLUM. DE LA BRIQUETA MAS PARAF. (11-12)	531.4	539.6	539.4	
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0	
15) VOLUM. PARAF. 14/P. E DE LA PARAFINA	0.0	0.0	0.0	
16) VOLUM. BRIQUETA POR DESPLAZ. (13-15)	531.4	539.6	539.4	
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0	
18) VOLUMEN AOPTADO	531.4	539.6	539.4	
19) PESO UNITARIO (10: 18)	2.323	2.283	2.293	2.300
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.378	2.378	2.378	
21) % VACIOS = 100 (20-19) / 20	2.31	3.99	3.59	3.30
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,834	1,726	1,809	
23) FACT. DE ESTAB.	1.00	0.96	0.93	
24) ESTAB. CORREGIDA (22 x 23)	1834	1657	1682	1724
25) FLUJO	7.1	8	7	7.4
26) L = 19 (100-1/100) DENS. AP. ARIDOS	2.186	2.148	2.157	
27) $DI = \frac{2+3+4}{\frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ (PESO ESPECIFICO PROM. ARIDOS)	2.603	2.603	2.603	
28) V.M.A. = 100 (27-26) /27	15.02	15.96	15.62	15.53
29) VAC. LLENADOS C.A = (1 x 19 x 100) / VMA	79.27	76.40	78.63	78.10

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Los datos de la **Tabla 22**, se proyecta el promedio de las tres briquetas realizadas con agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y cemento asfáltico en un 5.9%, resultando que dicha mezcla contiene un peso unitario de 2.300 gr/cm³, %vacíos de 3.30%, estabilidad corregida de 1724 lbs y flujo de 7.40”.

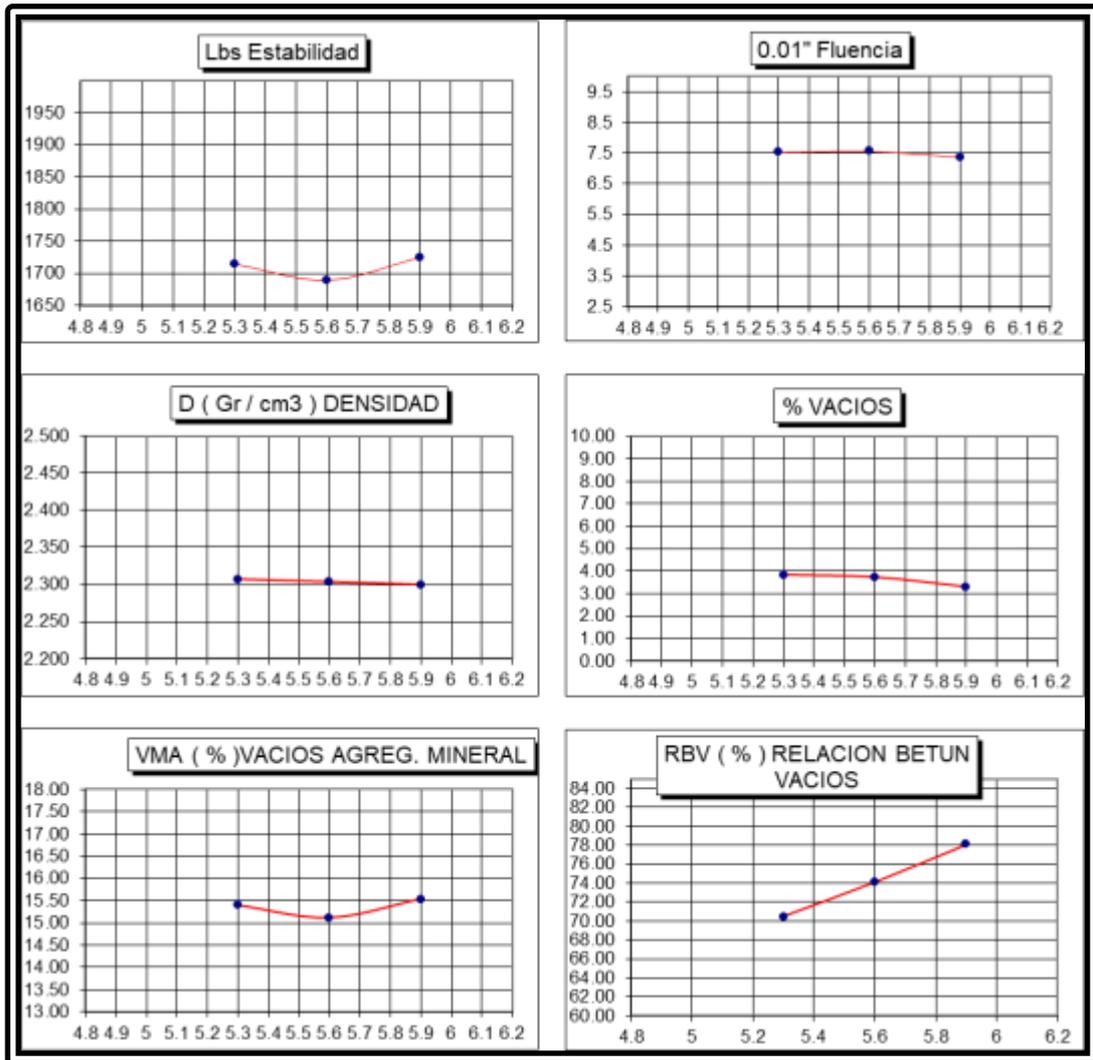


Gráfico 5. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Teniendo la relación de estabilidad, fluencia, peso unitario, %Vacíos, %Vacíos agregado mineral y %Vacíos en Betún, de las 03 briquetas utilizando agregado grueso y reemplazando el 6% del agregado fino por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz y añadiendo cemento asfáltico en proporciones de 5.3%, 5.6% y 5.9%.

Se tomará el contenido óptimo de PEN 60/70 correspondiente a una vía de tráfico pesado, así también se considerará el 45% de piedra chancada de 1/2" de la cantera cerro mocho, y la mezcla de 55% de arenas y reemplazando el 6% de A.F. por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado de éstas (27.5% de arena gruesa y 27.50%

de arena fina) procedente de la cantera Huasimal de Chulucanas., por lo tanto, el diseño de mezcla asfáltica convencional mediante el Ensayo Marshall, tenemos lo siguiente:

Tabla 23. Diseño de Mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. "BULL"	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.569	1600

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se presenta la **Tabla 23**, el peso aparente a usar de los agregados, resultando 1554 gr. de piedra chancada 1/2" y 1600 gr. de arena fina, correspondiente al 45% y 55% respectivamente.

Tabla 24. Comportamiento de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

CARACTERISTICAS		
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	3.30 gln/m3	5.70%
ESTABILIDAD (LBS)		1710
FLUJO (0.01")		7.40
VACIOS (%)		3.62
PESO UNITARIO (GR / CC)		2303
VACIOS DEL AGREG. MINERAL		15.35
VACIOS LLENOS DE C. ASF.		74.23

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se proyecta la **Tabla 24**, el resultado final de los tres porcentajes de las Muestras que se han utilizado la proporción de cemento asfáltico en 5.3%, 5.6% y 5.9%, cuya estabilidad es de 1710 lbs y flujo de 7.40"

Tabla 25. Características Marshall de las diferentes mezclas asfálticas

Características	Agregados				Requisitos	
	Natural	-2%	-4%	-6%	Mínimo	Máximo
Contenido óptimo PEN 60/70	5.70%	5.70%	5.70%	5.70%	-	-
Estabilidad (Lbs)	1860	1892	1729	1710	1800	-
Flujo (0.01")	11.82	11.54	9.60	7.40	8	16
Vacíos en la mezcla (%)	3.85	3.83	3.76	3.62	3	5
Peso unitario (gr/cc)	2391	2366	2359	2303	-	-
Vacíos en el agregado mineral (VMA)	17.18	16.78	15.86	15.35	14	-
Vacíos llenados con c. Asfáltico (RBV)	78.10	76.97	75.73	74.23	-	80

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Podemos ver que la **Tabla 25**, la estabilidad del diseño de mezcla asfáltica aumenta cuando se reemplaza el 2% del agregado fino por la ceniza de paja de arroz y vidrio triturado obteniendo una estabilidad de 1892 lbs, y va disminuyendo cuanto mayor porcentaje se reemplace el agregado fino con respecto a la mezcla utilizando los agregados naturales; sin embargo, el contenido óptimo de flujo es el que se usa solamente agregados naturales en la mezcla asfáltica, obteniendo un flujo de 11.82”.

Como último objetivo a desarrollar tenemos **“Evaluar los beneficios económicos al aplicar nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura”**, por lo que, primero se procederá a resolver la diferencia económica de costos entre la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales y reemplazando los porcentajes del agregado fino por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado, debemos tomar en consideración la utilización de materiales, fuerza laboral, equipos y el flete de los agregados de un lugar al siguiente destino; sin embargo, solo se tomara en cuenta la cantidad de los materiales a utilizar en el análisis de la reutilización de los materiales innovadores (ceniza de paja de arroz y vidrio triturado) con los materiales nuevos, determinando las cantidades de materiales a usar por 1m³ de mezcla asfáltica.

Tabla 26. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales

Materiales	Und	Cantidad	P. U.	Parcial
Agregado fino	M3	0.48	59.00	28.32
Agregado grueso	M3	0.26	77.00	20.02
Cemento asfáltico	gln	36.30	8.00	290.40
TOTAL		338.74		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se determina que en la **Tabla 26**, la cantidad de material que usar por un metro cubico de mezcla asfáltica, donde se tiene 0.48 m3 de agregado fino, 0.26 m3 de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 338.74 (Trescientos Treinta y Ocho con 74/100 Soles).

Tabla 27. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Materiales	Und	Cantidad	P. U.	Parcial
Agregado fino	m3	0.47	59.00	27.73
Ceniza de paja de arroz	m3	0.005	0.00	0.00
Vidrio triturado	m3	0.005	0.00	0.00
Agregado grueso	m3	0.26	77.00	20.02
Cemento asfáltico	gln	36.30	8.00	290.40
TOTAL		338.15		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Se determina que en la **Tabla 27**, la cuanta cantidad de material a usar por un metro cubico de mezcla asfáltica, donde se tiene 0.47 m3 de agregado fino, 0.005 m3 de ceniza de paja de arroz y 0.005 m3 de vidrio triturado (correspondiente al 1% de agregado fino a reemplazar por cada material), 0.26 m3 de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 338.15 (Trescientos Treinta y Ocho con 15/100 Soles).

Tabla 28. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Materiales	Und	Cantidad	P. U.	Parcial
Agregado fino	m3	0.46	59.00	27.14
Ceniza de paja de arroz	m3	0.01	0.00	0.00
Vidrio triturado	m3	0.01	0.00	0.00
Agregado grueso	m3	0.26	77.00	20.02
Cemento asfáltico	gln	36.30	8.00	290.40
TOTAL		337.56		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Visualizamos la **Tabla 28**, determina la cantidad de material a usar por un metro cúbico de mezcla asfáltica, donde se tiene 0.46 m3 de agregado fino, 0.01 m3 de ceniza de paja de arroz y 0.01 m3 de vidrio triturado (correspondiente al 2% de agregado fino a reemplazar por cada material), 0.26 m3 de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 337.56 (Trescientos Treinta y Siete con 56/100 Soles).

Tabla 29. Análisis de precios unitarios para la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Materiales	Und	Cantidad	P. U.	Parcial
Agregado fino	m3	0.45	59.00	26.55
Ceniza de paja de arroz	m3	0.015	0.00	0.00
Vidrio triturado	m3	0.015	0.00	0.00
Agregado grueso	m3	0.26	77.00	20.02
Cemento asfáltico	gln	36.30	8.00	290.40
TOTAL		336.97		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Descripción:

Para la **Tabla 29**, determina la cantidad de material a usar por un metro cubico de mezcla asfáltica, donde se tiene 0.46 m³ de agregado fino, 0.01 m³ de ceniza de paja de arroz y 0.01 m³ de vidrio triturado (correspondiente al 2% de agregado fino a reemplazar por cada material), 0.26 m³ de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 336.97 (Trescientos Treinta y Siete con 56/100 Soles).

V. DISCUSIÓN

Con respecto a la resistencia de mezcla, en su estudio (Balbin Archi & Chochon Gomez, 2019) nos enseña que usara porcentaje de cemento asfáltico para las proporciones de 3%, 3.50%, 4%, 4.50% y 5%, resultando que en el pavimento usando agregados reciclados se obtiene una estabilidad de 3748 lbs y un flujo de 9", a comparación del pavimento convencional que tiene una estabilidad de 4717 lbs y flujo de 12". Así mismo, en el estudio de (Falcon Hyaynate, 2019) Se utilizaron mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBS y ELVALOY con dosis de 2,50%, 3,50% y 5,0%, respectivamente. Su rendimiento fue mucho mayor que el de las mezclas convencionales. Con base en la solución de la modificación del polímero SBS, se obtuvo la dosis óptima de asfalto. / 2,50% polímero porque el valor de estabilidad es 1810,3 KN y el caudal es 14,33 mm; el resultado después de la modificación del polímero ELVALOY alcanza el contenido óptimo de asfalto/polímero del 2,5%, después del cual el valor de estabilidad es 1672 KN y el flujo es 13,7 mm. En cambio, en nuestra investigación se uso cemento asfáltico en proporciones de 5.3%, 5.6% y 5.9%, en cada diseño de mezcla asfáltica, obteniendo que en la convencional se tuvo una estabilidad de 1860 lbs y flujo de 11.82", reemplazando el 2% de los finos por los materiales nuevos, obtuvo una estabilidad de 1892 lbs y flujo 11.54", reemplazando el 4% de 1729 lbs y 9.60"; y, finalmente reemplazando el 6% de 1710 lbs y 7.40".

De acuerdo al beneficio económico, en el proyecto de (Balbin Archi & Chochon Gomez, 2019) indica que usando pavimento reciclado en el diseño de mezcla asfáltica disminuye su costo en un 12.75% más barata a comparación de la mezcla asfáltica convencional y un ahorro del 40% en cada proporción del material utilizado. En cambio, en nuestra investigación se llegó a la conclusión que al reemplazar el 2% del agregado fino por los materiales nuevos disminuyo el costo en un 0.17%, reemplazando el 4% en un 0.35% y reemplazando el 6% en un 0.52% con respecto a la mezcla utilizando agregados naturales.

VI. CONCLUSIONES

Con respecto a identificar y determinar nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles, nos basamos en los proyectos de (Nura & Abdalnaser, 2023) y (Kadhim, y otros, 2022), donde usaron ceniza de paja de arroz y vidrio triturado respectivamente; por lo que, en este proyecto de investigación utilizaremos dos tipos de materiales que es la ceniza de paja de arroz y los residuos de vidrio triturado, los cuales reemplazaran en 2%, 4% y 6% al peso del agregado fino dentro de la mezcla asfáltica calculada mediante el Método Marshall.

De acuerdo al segundo objetivo de las características físicas de los nuevos materiales nos indica que la ceniza de paja de arroz presenta un aumento porcentaje para los finos que corresponde al 72.90% y los residuos de vidrio triturado presenta un mayor porcentaje de arena correspondiente al 89.30% de la muestra total analizada. Así mismo, se realizó el análisis de los gruesos y finos naturales procedentes de cantera, y a este último, se le reemplazará el 2%, 4% y 6% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz; en donde verificó que el agregado fino presenta un mayor absorción y peso específico a comparación del agregado grueso; sin embargo, mientras se le va reemplazando un porcentaje de ceniza de paja de arroz y residuos de vidrio triturado al agregado fino, el peso específico y absorción va disminuyendo.

Con respecto al tercer objetivo de la resistencia de la mezcla asfáltica se realizó a través del diseño de estabilidad Marshall según Norma MTC E 504 utilizando agregados naturales, así como, los diseños reemplazando el 2%, 4%, 6% del agregado fino por el vidrio triturado y la ceniza de paja de arroz. En donde, se visualiza que la estabilidad del diseño de mezcla asfáltica aumenta cuando se reemplaza el 2% del agregado fino por la ceniza de paja de arroz y vidrio triturado obteniendo una estabilidad de 1892 lbs, y va disminuyendo cuanto mayor porcentaje se reemplace el agregado fino con respecto a la mezcla utilizando los agregados naturales; sin embargo, el contenido óptimo de flujo es el que se usa solamente agregados naturales en la mezcla asfáltica, obteniendo un flujo de 11.82”.

De acuerdo al objetivo de beneficios económicos al aplicar nuevos materiales se

procedió a decidir la desigualdad económica de los costos entre la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales y reemplazando los porcentajes del agregado fino por ceniza de paja de arroz y vidrio triturado, en donde, en la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales se determinó la cantidad de material a usar, el cual, se tiene 0.48 m³ de agregado fino, 0.26 m³ de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 338.74 (Trescientos Treinta y Ocho con 74/100 Soles). Utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz se obtiene 0.47 m³ de agregado fino, 0.005 m³ de ceniza de paja de arroz y 0.005 m³ de vidrio triturado (correspondiente al 1% de agregado fino a reemplazar por cada material), 0.26 m³ de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 338.15 (Trescientos Treinta y Ocho con 15/100 Soles). utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz, se tiene 0.46 m³ de agregado fino, 0.01 m³ de ceniza de paja de arroz y 0.01 m³ de vidrio triturado (correspondiente al 2% de agregado fino a reemplazar por cada material), 0.26 m³ de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 337.56 (Trescientos Treinta y Siete con 56/100 Soles). utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz, se obtiene un 0.46 m³ de agregado fino, 0.01 m³ de ceniza de paja de arroz y 0.01 m³ de vidrio triturado (correspondiente al 2% de agregado fino a reemplazar por cada material), 0.26 m³ de agregado grueso y 36.30 gln de cemento asfáltico, teniendo un costo total de S/. 336.97 (Trescientos Treinta y Siete con 56/100 Soles).

VII. RECOMENDACIONES

En el diseño de la mezcla se aconseja seleccionar adecuadamente los agregados finos y gruesos utilizados en la mezcla asfáltica y se deben ensayar de acuerdo a las especificaciones del manual vial EG-2013, debiendo determinarse para cada ensayo, ya que es cierto Uno de los mayores problemas ocurre cuando las canteras no cumplen con los requisitos del manual.

Recomiendo usar un cambio de contenido de asfalto del 5% o 6% para un mejor asfalto que coincida con las mezclas asfálticas normales, de modo que pueda usarse en mezclas asfálticas modificadas y tenga buena adherencia con el porcentaje más bajo de cenizas de paja de arroz y cristales rotos.

Se recomienda tener cuidado al momento de recolectar los vidrios y posteriormente triturarlo hasta llegar al tamaño de la partícula requerida, al mismo tiempo, debemos tomar en cuenta que es un habito la utilización para el cuidado personal tales como: lentes, guantes, zapatos de seguridad y casco. De la misma manera, para recolectar la paja de arroz para su posterior quema hasta llegar a obtener la ceniza, se debe de realizar la quema en un lugar libre de cosas inflamables para así evitar que se quemem alrededor.

REFERENCIAS

Abe, A. A., Oliviero Rossi, C., Eskandarsefast, S., Porto, M., Loise, V., Venturini, L., & Caputo, P. (11 de January de 2023). Reclaimed asphalt recycling agents: Looking into the blueprint of their mechanisms of action. *Construction and Building Materials*, 363(129843). doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.129843

Attahiru, Y. B., Mohamed, A., Eltwati, A., Burga, A. A., Ibrahim, A., & Nabade, A. M. (febrero de 2023). Effect of waste cooking oil on warm mix asphalt block pavement – A comprehensive review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 129(103310). doi:10.1016/j.pce.2022.103310

Azadgoleh, M., Mohammadi, M., Ghodrati, A., Sharifi, S., Palizban, S., Ahmadi, A., & Ayar, P. (2022). "Caracterización de la lixiviación de contaminantes de los pavimentos de asfalto: una revisión crítica de los métodos de medición, pavimento de asfalto recuperado, asfalto poroso y mezclas de asfalto modificadas con residuos. *Investigación del agua*, 84.

Balbin Archi, R., & Chochon Gomez, V. H. (2019). *Diseño de mezcla asfáltica con material reciclado para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo KM 90+000 al KM 95+000 de la carretera Canta a Huayllay ubicado en el distrito y Provincia de Canta en el departamento de Lima*. Tesis Pregrado, Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima.

Barzegar, M., Wen, H., Mivehchi, M., Akin, I. D., & Edil, T. (May de 2023). Investigation of excessive settlement involving recycled asphalt pavement in highway embankment. *Transportation Geotechnics*, 40(100991). doi:10.1016/j.trgeo.2023.100991

Chang, X., Long, Y., Wang, C., & Xiao, Y. (31 de March de 2023). Chemical fingerprinting of volatile organic compounds from asphalt binder for quantitative detection. *Construction and Building Materials*, 371(130766). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.130766

Chen, C., Lu, J., Ma, T., Zhang, Y., Gu, L., & Chen, X. (20 de June de 2023). Applications of vegetable oils and their derivatives as Bio-Additives for use in

asphalt binders: A review. *Construction and Building Materials*, 383(131312). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.131312

ECO Ediciones. (2022). *Pavimentos: Materiales, Construcción y diseño* (Segunda ed.). (H. A. Rondon Quintana, & F. A. Reyes Lizcano, Edits.) Bogotá, Colombia. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Pavimentos_2da_edici%C3%B3n/UBt1EAAAQBAJ?hl=es419&gbpv=1&dq=pavimentos+asfaltico+concepto&printsec=frontcover

Fakhri, M., Ahmadi, T., Shahryari, E., & Jafari, M. (10 de July de 2023). Evaluation of fracture behavior of stone mastic asphalt (SMA) containing recycled materials under different loading modes at low temperatures. *Construction and Building Materials*, 386(131566). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.131566

Falcon Hyaynate, J. B. (2019). *Estudio de dosificación de concreto asfáltico convencional mediante modificadores con polímeros para un tránsito pesado en el km 27, auxiliar Pan. Norte - Puente Piedra, Lima 2019*. Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.

Gaudenzi, E., Cardone, F., Lu, X., & Canestrari, F. (02 de January de 2023). The use of lignin for sustainable asphalt pavements: A literature review. *Construction and Building Materials*, 362(129773). doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.129773

(2022). *Geotecnia y Mecánica de suelos*.

Gkyrtis, K., Plati, C., & Loizos, A. (2023). "Rendimiento estructural de la base de asfalto espumado en un pavimento recuperado y sostenible de profundidad completa". *Sostenibilidad*, 15(4), 3622. doi:10.3390/su15043622

Grilli, A., & Balzi, A. (2023). Methodologic Recommendations to Implement Pavement. *Infrastructures - MDPI*, 8(2), 25. doi:10.3390/infrastructures8020025

Guo, Y. T., & Sengiorgi, C. (01 de August de 2023). The use of fibres in asphalt mixtures: A state of the art review. *Construction and Building Materials*, 390(131754). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.131754

Horcalsa. (2020).

Kadhim, M., Al-Busaltan, S., Dulaimi, A., Sadique, M., Al Nageim, H., Al-Kafaji, M., & Al-Yasari, R. (2022). "Desarrollo de una mezcla asfáltica semi caliente, postratada y sostenible para la capa de superficie estructural". *Construcción y Material de Construcción*, 342(A1), 26. doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.127926

Khana, M., & Puppalab, A. (2023). "Pavimento sostenible con capa base de pavimento de asfalto recuperado (RAP) reforzado con geoceldas". *Revista de Producción más limpia*, 387, 135802. doi:10.1016/j.jclepro.2022.135802

Leite Dyer, P. P., Gutierrez Klinsky, L. M., & Alessandra Silva, S. (2021). O emprego de resíduos de areia de fundição (RAF) em concreto asfáltico: uma alternativa para a sustentabilidade na pavimentação. *Revista Materia*, 26(01), 18.

Li, X., Wu, S., Wang, F., You, L., Yang, C., Cui, P., & Zhang, X. (10 de march de 2023). Quantitative assessments of GHG and VOCs emissions of asphalt pavement contained steel slag. *Construction and Building Materials*, 369(130606). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.130606

Long Nguyen, H., & Quan Tran, V. (09 de may de 2023). Data-driven approach for investigating and predicting rutting depth of asphalt concrete containing reclaimed asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 377(131116). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.131116

Maylle, A. (2023). "Elaboración de un diseño de mezcla para la estabilización de un suelo con emulsión asfáltica tipo CSS-1h y pavimento asfáltico reciclado (RAP) basado en el procedimiento de Marshall modificado. *Revista Infraestructura Vial*, 25(44), 41. doi:10.15517/jv.y25i44.53441

Nura, S. M., & Abdulnaser, M. (2023). Modelado y optimización del contenido de asfalto, polvo de clínker de aceite de palma de desecho y ceniza de paja de arroz de desecho para la pavimentación de asfalto sostenible empleando la metodología de superficie de respuesta: un estudio piloto. *Cleaner Materials*, 8, 23. doi:10.1016/j.clema.2023.100187

Pereira da Silva, C. C., Melo Neto, O. d., Guedes Rodrigues, J. K., Goncalves Duarte Mendonca, A. M., & Mendes Arruda, S. (2022). Evaluation of the rheological effect of asphalt binder modification using. *Revista Materia*, 27(3), 12.

Xiaoqing, W., Biao, M., Yue, X., Kun, W., Lin, W., Wei, S., . . . Jiaun, X. (9 de mayo de 2023). Road performance and thermal-insulation effect in construction of asphalt mixture containing phase-change thermal-insulation agent. *Construction and Building Materials*, 377. doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.131117

Zhang, D., Muhammad Sani, B., Xu, P., Liu, K., & Gu, F. (24 de July de 2023). Preparation and characterization of binary eutectic phase change material laden with thermal conductivity enhancer for cooling steel slag asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 388(131688). doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.131688

Gkyrtis, K. Plati, C. Loizos, A. 2023,” Rendimiento estructural de la base de asfalto espumado en un pavimento recuperado y sostenible de profundidad completa”. *Sostenibilidad*; vol.15, núm. 4, pg.3622, doi:10.3390/su15043622

Rendon, E. (2022). Carpeta asfáltica. *En línea*

Rondon H. y Reyes F.(2022).Pavimentos: Materiales, construcción y Diseño.*ECO.E.2ªedi.*Bogota.Pp.613.https://www.google.com.pe/books/edition/Pavimentos_2da_edici%C3%B3n/UBt1EAAAQBAJ?hl=es419&gbpv=1&dq=pavimentos+asfáltico+concepto&printsec=frontcover

Wang X., Biao M., Xiaob Y., Wei K., Wangc L., Wei S., Colmillo Y., Jiayun X.(2023). Desempeño vial y efecto de aislamiento térmico en la construcción de mezcla asfáltica que contiene agente de aislamiento térmico de cambio de fase. *Construction and Building Materials*, vol. 377. Pp.131117. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823008292>

Oliveira P., Gutierrez L., Silva S., y Geimba M.(2021). O emprego de resíduos de areia de fundição (RAF) em concreto asfáltico: uma alternativa para a sustentabilidade na pavimentação. *Materia(RioJ)*.Vol.26.(01)<https://www.scielo.br/j/rmat/a/bsCsCDrfZXQQWqMYQmyP76v/?lang=pt>

Bastidas J., Ruge J., Medina L., y Giraldo R.(2021). Incorporação de pó de agregados reciclados de concreto como fíler em misturas asfálticas. *Materia(RioJ)*.Vol.26.(03).<https://www.scielo.br/j/rmat/a/mywWpnRsTCr9W8YXzM6MyYd/?lang=pt>

Jiangmiao Y., Zhibin R., Zheming G., Qi W., Zihan Z., Huayang Y.(2019). Aceite biológico pesado reciclado como potenciador del rendimiento de ligantesbituminososcauchutados. *Polímeros*. Vol. 11.No5.Pp.800.<https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=f9aa9ef5-5c13-416f-9970-e68f39fc432b%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=136755179&db=a9h&anchor=Translate>

Mohamed R. y Islam A.(2022). Evaluación del desempeño de mezclas de concreto asfáltico en frío que contienen materiales de pavimentación reciclados. *Revista árabe de ciencia e ingeniería (Springer Science & Business Media BV)*.Vol47,No4.Pp43514360.<https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=099fbd287dcb438098c15820d7d13ecc%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=a9h&AN=156191756>

Orazio B. y Pier R.(2022). Número Especial "Pavimentos Asfálticos Sostenibles: Materiales, Métodos de Diseño y Técnicas de Caracterización" (Primer y Segundo Tomo). *Materiales(19961944)*.Vol.15.No21.Pp7649.<https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=6d4a489b8495498b889fbef57e632aaf%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=a9h&AN=160221269>

Pascale B., Tatarani P., Latieri C., Bonoli A., y Sangiorgi C.(2023). Asfalto poroso innovador de color claro para pavimentos de bajo impacto: una investigacióndelaboratorio. *ConstructionandBuildingMaterials*.Vol.368.No03.Pp 130482.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823001939>

Gaudenzi, E. , Ingrassia, LP , Cardone, F. , Lu, X. , Canestrari, F.(2023). Investigación de mezclas asfálticas de base biológica sin envejecer y envejecidas a largo plazo que contienen lignina según la teoría VECD. **MaterialesyEstructuras/MateriauxetConstructions**. Vol.56.No4.<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.085154590300&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=sustainable+asphalt+paving+materials&nlo=&nlr=&nls=&sid=8edefebefd>

3763674071b180e1ce20db&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222023%22%2ct&sl=51&s=TITLEABSKEY%28sustainable+asphalt+paving+materials%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=

Al H.(2023). Reciclaje sostenible de desechos de azufre a través de la utilización en aplicaciones de pavimentación de asfalto. **Revista internacional de investigación y tecnología de pavimentos**, vol.16, No2. Pp.474-486. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.085124108976&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=sustainable+asphalt+paving+materials&nlo=&nlr=&nls=&sid=8edefebefd3763674071b180e1ce20db&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222023%22%2ct&sl=51&s=TITLEABSKEY%28sustainable+asphalt+paving+materials%29&relpos=3&citeCnt=4&searchTerm=>

Lee, J.-S. , Lee, S.-Y. , Bae, Y.-S. , Le, THM(2023). Desarrollo de material de pavimento utilizando modificador de caucho triturado y nanoplaquetas de grafito para la producción de asfalto en gránulos. *Polimeros*. Vol.15, No03.

S Mohamed, A. , El-Badawy, S. , Xiao, F.(2023). Potencial de envejecimiento y su impacto en la fuerza de adherencia del aglomerante asfáltico RAP cauchutado. *ACS Química e Ingeniería Sostenible*, vol.11. No02. Pp751-765

Al-Hadidy, Al , Hameed, AT , Joni, HH.(2023). Reciclaje de Residuos de Azufre y Residuos de Polietileno en Mezclas para Pavimentos. *Revista internacional de investigación y tecnología de pavimentos*. doi. 10.1007/s42947-023-00309-8

Long H. y Quan V.(2023). Data-driven approach for investigating and predicting rutting depth of asphalt concrete containing reclaimed asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, Vol.377. Pp1311-16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823008280>

Ning X. Wang H. Wang H., Kazemi M. y Fini E(2023). Research progress on resource utilization of waste cooking oil in asphalt materials: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, Vol.385. Pp1354-27. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622050016>

ANEXOS

ANEXO 01. TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 30. Operacionalización de variables

	VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
DEPENDIENTE	MATERIALES INNOVADORES	Es la búsqueda de productos alternativos de pavimentación, desarrollando e innovando nuevos materiales para carreteras que sean amigables con el medio ambiente.	Se identificará los mejores materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mediante base de datos de revistas anexadas.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación de materiales nuevos ✓ Propiedades físicas y mecánicas de los nuevos materiales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigaciones previas. ✓ Análisis granulométrico, peso específico 	Razón
INDEPENDIENTE	PAVIMENTO DE ASFALTO SOSTENIBLE	La sostenibilidad significa satisfacer nuestras propias necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.	Se realizará el diseño de mezcla asfáltica mediante el método Marshall para posteriormente calcular su respectiva resistencia mediante rotura de briquetas.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño de mezcla asfáltica. ✓ Resistencia de mezcla asfáltica. ✓ Beneficios económicos, social y ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño Marshall ✓ Rotura de briquetas ✓ Presupuesto por recolección de materiales, impacto social y ambiental. 	Razón

Fuente: Elaboración propia, 2023.

ANEXO 02. TABLA DE MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 31. Matriz de consistencia

IDENTIFICACION Y EVALUACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGION DE PIURA.							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA	
<p>Problema general:</p> <p>¿De qué manera influye los materiales innovadores para pavimentos asfálticos en la sostenibilidad?, de la misma manera la formulación de los</p> <p>Problemas específicos</p> <p>- ¿En qué medida los estudios previos ayudan a identificar los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles?</p> <p>-¿En qué medida las</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Identificar y evaluar los materiales innovadores que contribuyan en el pavimento de asfalto sostenible y su aplicabilidad en la Región Piura; así mismo los</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>- Identificar y determinar los nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura,</p> <p>-Determinar las propiedades físicas de los nuevos materiales</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La aplicación de los nuevos materiales para pavimentos asfálticos contribuyen a la sostenibilidad.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>-Los estudios previos ayudan a la identificación de los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles en la Región Piura</p>				<p>Tipo de estudio:</p> <p>Tipo aplicada</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Experimental cuasiexperimental</p> <p>Método de investigación:</p> <p>Población:</p> <p>La región de Piura.</p> <p>Muestra:</p> <p>En relación a los materiales para pavimentos asfálticos sostenibles</p>	
			Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores		
			Materiales innovadores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación de materiales nuevos ✓ Propiedades físicas y mecánicas de los nuevos materiales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigaciones previas. ✓ Análisis granulométrico, peso específico 		
			Variable independiente	Dimensiones	Indicadores		
Pavimento de asfalto sostenible	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño de mezcla asfáltica. ✓ Resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño Marshall de ✓ Rotura de briquetas 					

<p>propiedades físicas de los nuevos materiales influye en el pavimento de asfalto sostenible?</p> <p>- ¿En qué medida la resistencia de la mezcla asfáltica influye en los pavimentos de asfalto sostenible?</p> <p>- ¿En qué medida influye los nuevos materiales en los beneficios económicos para los pavimentos de asfalto sostenible?</p>	<p>para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura</p> <p>- Determinar la resistencia de la mezcla asfáltica para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura</p> <p>- Evaluar los beneficios económicos al aplicar nuevos materiales para pavimentos de asfalto sostenibles en la Región Piura.</p>	<p>-Los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mejora sus propiedades físicas</p> <p>- Los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mejora la resistencia en el diseño de mezcla</p> <p>-Los nuevos materiales para pavimentos asfálticos sostenibles mejora económicamente en la Región de Piura.</p>		<p>de mezcla asfáltica.</p> <p>Beneficios económicos, social y ambiental.</p>	<p>Presupuesto por recolección de materiales, impacto social y ambiental.</p>	
---	---	--	--	---	---	--

ANEXO 03. ANÁLISIS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE VIDRIO MOLIDO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

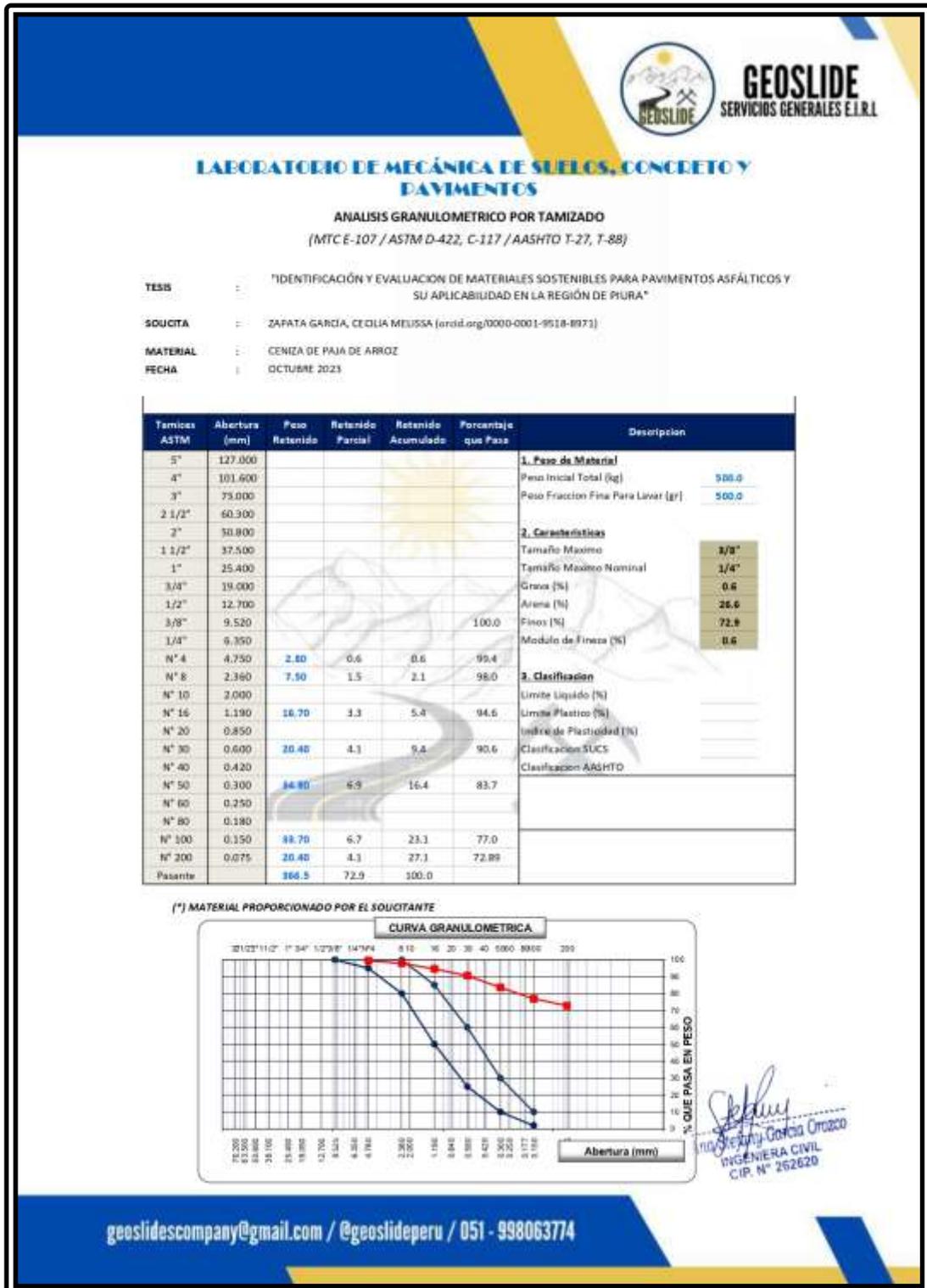


Figura 1. Ensayo de Análisis Granulométrico de ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslides Servicios Generales EIRL, 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

TESIS : "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA"

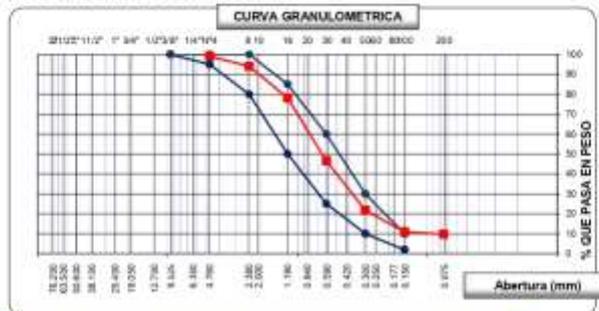
SOLICITA : ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

MATERIAL : RESIDUOS DE VIDRIO TRITURADO

FECHA : OCTUBRE 2023

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripción
5"	127.000					1. Peso de Material
4"	101.600					Peso Inicial Total (kg) 500.0
3"	73.000					Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 500.0
2 1/2"	60.300					
2"	50.800					2. Características
1 1/2"	37.500					Tamaño Máximo 3/8"
1"	25.400					Tamaño Máximo Nominal 1/4"
3/4"	19.000					Grava (%) 1.0
1/2"	12.700					Areña (%) 99.3
3/8"	9.520				100.0	Finos (%) 9.7
1/4"	6.350					Modulo de Finesa (%) 2.3
N° 4	4.750	9.00	1.0	1.0	99.0	3. Clasificación
N° 8	2.360	25.00	5.0	6.0	94.1	Límite Líquido (%)
N° 10	2.000					Límite Plástico (%)
N° 16	1.190	80.00	15.8	21.8	78.2	Índice de Plasticidad (%)
N° 20	0.850					Clasificación SUCS
N° 30	0.600	100.00	31.7	53.5	46.5	Clasificación AASHTO
N° 40	0.420					
N° 50	0.300	121.00	24.8	78.2	21.8	
N° 60	0.250					
N° 80	0.180					
N° 100	0.150	35.00	10.9	89.1	10.9	
N° 200	0.075	5.80	1.2	90.3	9.74	
Pasante		49.2	9.7	100.0		

(*) MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



[Firma]
Ana Beatriz García Orozco
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

Figura 2. Ensayo de Análisis Granulométrico de residuo de vidrio triturado
Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

TESIS : "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA"

SOLICITA : ZAPATA GARCÍA, CECILIA MEUSSA (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

CANTERA : CERRO MOCHO - SULLANA

MATERIAL : AGREGADO GRUESO (*)

MUESTRA : NATURAL

FECHA : OCTUBRE 2023

DATOS		1	2	3	4
1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B) (aire)	gr. 2500			
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr. 1592			
3	Peso de la muestra saturada+peso canastilla dentro del agua	gr. 1592			
4	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C)	gr. 2465			
5	Peso de la tara	gr. 2465			
6	Peso de la tara + muestra seca (horno)	gr. 2465			
7	Peso de la muestra seca (A)	gr. 2465			

RESULTADOS		PROMEDIO			
8	Peso Especifico de masa	2.715			2.715
9	Peso Especifico de masa saturada superficie seco	2.753			2.753
10	Peso especifico aparente	2.824			2.824
11	Porcentaje de absorción	% 1.42			1.420

(*) MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Ing. Cecilia Meussa Zapata
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

Figura 3. Peso específico y %Absorción del agregado grueso natural
Fuente: Empresa Geoslideservicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

TESIS : IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

CANTERA : HUASIMAL - CHULUCANAS

MATERIAL : AGREGADO FINO (*)

MUESTRA : NATURAL

FECHA : OCTUBRE 2023

DATOS			1	2	3
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	gr.	300.0	300.0	300.0
2	Peso Frasco + agua	gr.	661.0	667.4	669.0
3	Peso Frasco + agua + A (gr)	gr.	961.0	967.4	969.0
4	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	gr.	847.3	850.1	865.5
5	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	gr.	113.7	117.3	103.5
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	gr.	294.0	293.7	298.4
7	Vol de masa = E - (A - F) (gr)		107.7	111.0	101.9

RESULTADOS			PROMEDIO			
8	Pe bulk (Base seca) = F/E		2.586	2.504	2.883	2.658
9	Pe bulk (Base saturada) = A/E		2.639	2.558	2.899	2.698
10	Pe aparente (Base Seca) = F/G		2.730	2.646	2.928	2.768
11	% de absorción = ((A - F)/F)*100		2.041	2.145	0.536	1.574

(*) MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Cecilia Melissa Zapata García Orozco
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 4. Gravedad especifica y %Absorción del agregado fino natural

Fuente: Empresa Geoslideservicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

TESIS : IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

CANTERA : HUASIMAL - CHULUCANAS

MATERIAL : AGREGADO FINO (*)

MUESTRA : REEMPLAZANDO EL 2% POR VIDRIO TRITURADO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

FECHA : OCTUBRE 2023

DATOS		1	2	3
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	gr. 300.0	300.0	300.0
2	Peso Frasco + agua	gr. 670.9	666.0	667.2
3	Peso Frasco + agua + A (gr)	gr. 970.9	966.0	967.2
4	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	gr. 847.3	850.1	865.5
5	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	gr. 123.6	115.9	101.7
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	gr. 294.3	293.0	298.9
7	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	117.9	108.9	100.6

RESULTADOS				PROMEDIO	
8	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.381	2.528	2.939	2.616
9	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.427	2.588	2.950	2.655
10	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.496	2.691	2.971	2.719
11	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.937	2.389	0.368	1.565

(*) MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Ing. Cecilia García Orozco
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 5. Gravedad específica y %Absorción del agregado fino y su reemplazo del 2% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

TESIS : IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

CANTERA : HUASIMAL - CHULUCANAS

MATERIAL : AGREGADO FINO (*)

MUESTRA : REEMPLAZANDO EL 4% POR VIDRIO TRITURADO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

FECHA : OCTUBRE 2023

DATOS		1	2	3
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	gr. 300.0	300.0	300.0
2	Peso Frasco + agua	gr. 669.4	675.2	670.7
3	Peso Frasco + agua + A (gr)	gr. 969.4	975.2	970.7
4	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	gr. 847.3	850.1	865.5
5	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	gr. 122.1	125.1	105.2
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	gr. 296.7	291.7	298.0
7	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	118.8	116.8	103.2

RESULTADOS				PROMEDIO	
8	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.430	2.332	2.833	2.531
9	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.457	2.398	2.852	2.569
10	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.497	2.497	2.888	2.628
11	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.112	2.845	0.671	1.543

(*) MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Ana Steffany Garcia Ormazco
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

Figura 6. Peso específico y %Absorción del agregado fino y su reemplazo del 4% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslides Servicios Generales E.I.R.L, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

TESIS : IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8971)

CANTERA : HUASIMAL - CHULUCANAS

MATERIAL : AGREGADO FINO (*)

MUESTRA : REEMPLAZANDO EL 6% POR VIDRIO TRITURADO Y CENIZA DE PAJA DE ARROZ

FECHA : OCTUBRE 2023

DATOS		1	2	3
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	gr. 300.0	300.0	300.0
2	Peso Frasco + agua	gr. 676.4	680.7	669.8
3	Peso Frasco + agua + A (gr)	gr. 976.4	980.7	969.8
4	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	gr. 847.3	850.1	865.5
5	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	gr. 129.1	130.6	104.3
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	gr. 297.0	292.5	297.4
7	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	126.1	123.1	101.7

RESULTADOS				PROMEDIO	
8	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.301	2.240	2.851	2.464
9	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.324	2.297	2.876	2.499
10	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.355	2.376	2.924	2.552
11	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.010	2.564	0.874	1.483

(*) MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

Ana Cecilia Zapata García Orozco
INGENIERA CIVIL
C.I.P. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 7. Peso específico y %Absorción del agregado fino y su reemplazo del 6% por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023

ANEXO 03. RESISTENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MEDIANTE MÉTODO MARSHALL



Figura 8. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregados naturales

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arclid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 02:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.6	5.6	5.6
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.20	55.20	55.20
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.698	2.698	2.698
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1230.4	1227.1	1225.7
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1230.4	1227.1	1225.7
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	710.2	713.2	712.8
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	520.2	513.9	512.9
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	520.2	513.9	512.9
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	520.2	513.9	512.9
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.365	2.388	2.390
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.490	2.490	2.490
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	5.01	4.10	4.02
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,930	1,939	1,934
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.93
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1930	1861	1799
25) FLUJO	12.4	11.5	11
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.233	2.254	2.256
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.726	2.726	2.726
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	18.08	17.30	17.23
29) $VACIOS LLENADOS C.A \frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	73.26	77.31	77.67

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 9. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregados naturales

Fuente: Empresa Geoslideservicios Generales E.I.R.L, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 08:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.9	5.9	5.9
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.10	55.10	55.10
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.698	2.698	2.698
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1230.6	1225.7	1226.4
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1230.6	1225.7	1226.4
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	712.3	719.5	718.4
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	518.4	506.2	508.0
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	518.4	506.2	508.0
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	518.4	506.2	508.0
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.374	2.421	2.414
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.474	2.474	2.474
21) % VACIOS = $100 (20-19)/20$	4.03	2.12	2.41
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,940	1,935	1,925
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1940	1858	1790
25) FLUJO	13	12	13
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.234	2.279	2.272
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.726	2.726	2.726
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	18.04	16.40	16.65
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	77.66	87.10	85.54

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 10. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregados naturales

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

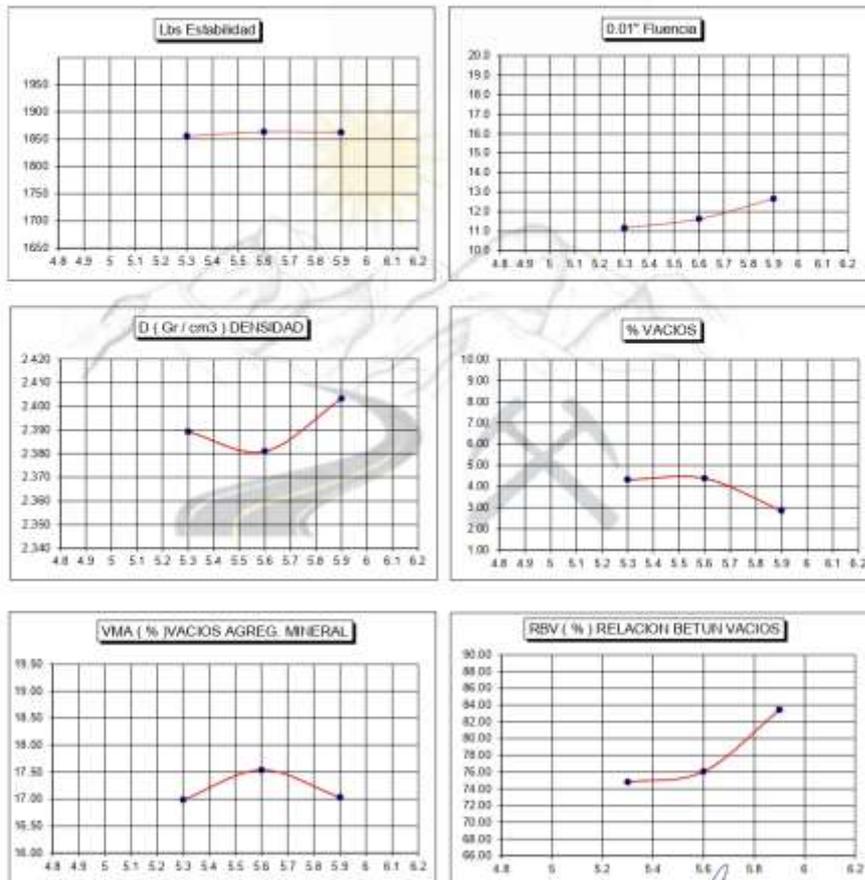
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIAGRAMAS ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (prod.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023



Cecilia Zapata García
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262629

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 11. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregados naturales

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (ASTM D 1559)

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8973)

FECHA: OCTUBRE 2023

TRAFICO: PESADO

PEN: 60/70

I.- MATERIALES PETREOS .-

* PIEDRA CHANCADA (45,0% DE 1/2") CANTERA CERRO MOCHO

* MEZCLA DE ARENAS (55,0 %) - 50,0 % A. GRUESA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS + 50,0% A. FINA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS

II.- DOSIFICACION .-

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. " BULL "	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.698	1667

III.- CARACTERISTICAS DEL DISEÑO MARSHALL

CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Gln/m3	5,70%
ESTABILIDAD (LBS)		1860
FLUJO (0.01")		11.82
VACIOS EN LA MEZCLA (%)		3,85
PESO UNITARIO (GR / CC)		2391
VACIOS EN EL AGREG. MINERAL (VMA)		17,18
VACIOS LLENADOS CON C. ASF. (RBV)		78,10

ESPECIFICACIONES MINIMAS

> 1800
min 8, max 16
min 3, max 5

> 14
< 80

[Firma]
Ingeniera Cecilia Orozco
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 12. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados naturales

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 01:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.3	5.3	5.3
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.9	37.9	37.9
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.40	55.40	55.40
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.655	2.655	2.655
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1219.3	1220.4	1225.4
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1219.3	1220.4	1225.4
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	710.2	703.1	704.0
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	509.1	517.3	521.4
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	509.1	517.3	521.4
17) VOLUMEN GEDMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	509.1	517.3	521.4
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.355	2.339	2.280
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.477	2.477	2.477
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	4.91	4.55	6.63
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,937	1,945	1,924
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.93
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1937	1883	1816
25) FLUJO	11.9	10	11.2
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.230	2.215	2.159
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.700	2.700	2.700
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	17.19	17.75	19.82
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	72.60	69.86	60.99

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 13. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 02:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.6	5.6	5.6
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.20	55.20	55.20
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.655	2.655	2.655
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1221.4	1219.1	1216.3
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1221.4	1219.1	1216.3
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	712.7	711.1	709.4
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	508.7	508.0	506.9
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	508.7	508.0	506.9
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	508.7	508.0	506.9
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.361	2.370	2.379
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR	2.470	2.470	2.470
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	4.39	4.04	3.65
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,960	1,972	1,980
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1960	1893	1841
25) FLUJO	12.4	11.5	11
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.229	2.237	2.246
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.700	2.700	2.700
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	17.24	16.93	16.60
29) $\frac{VACIOS LLENADOS C.A}{VMA} \times 100$	76.69	78.37	78.79

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 14. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arclid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 08:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.9	5.9	5.9
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.10	55.10	55.10
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECIFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.655	2.655	2.655
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1219.4	1223.7	1220.3
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1219.4	1223.7	1220.3
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	711.0	715.2	716.3
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	508.4	508.5	504.0
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	508.4	508.5	504.0
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	508.4	508.5	504.0
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.379	2.406	2.421
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.454	2.454	2.454
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	3.06	1.92	1.32
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,963	1,970	1,979
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1963	1891	1840
25) FLUJO	12.7	11.2	12
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.238	2.265	2.278
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.700	2.700	2.700
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	16.90	15.92	15.41
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	80.56	86.68	88.22

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 15. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

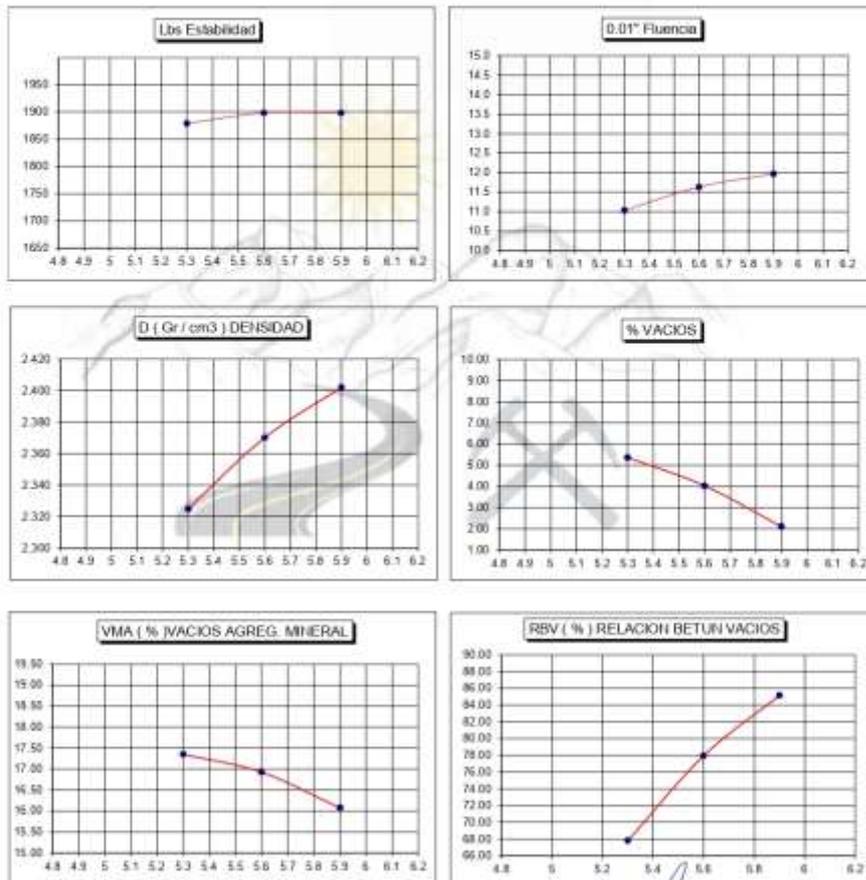
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIAGRAMAS ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (prod.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023



Cecilia Zapata García
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262020

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 16. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (ASTM D 1559)

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8973)

FECHA: OCTUBRE 2023

TRAFICO: PESADO

PEN: 60/70

I.- MATERIALES PETREOS .-

* PIEDRA CHANCADA (45,0% DE 1/2") CANTERA CERRO MOCHO

* MEZCLA DE ARENAS (55,0 %) - 90.% A. GRUESA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS + 50,0% A. FINA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS

II.- DOSIFICACION .-

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. " BULL "	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.655	1658

III.- CARACTERISTICAS DEL DISEÑO MARSHALL

Sethu
Cecilia Melissa Zapata García Cruzco
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Gln/m ³	5.70%
ESTABILIDAD (LBS)		1892
FLUJO (0.01")		11.54
VACIOS EN LA MEZCLA (%)		3.83
PESO UNITARIO (GR / CC)		2366
VACIOS EN EL AGREG. MINERAL (VMA)		16.78
VACIOS LLENADOS CON C. ASF. (RBV)		76.97

ESPECIFICACIONES MINIMAS

> 1800
min 8, max 16
min 3, max 5

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 17. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 2% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 01:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.3	5.3	5.3
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.9	37.9	37.9
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.40	55.40	55.40
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.569	2.569	2.569
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1220.3	1224.3	1237.1
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1220.3	1224.3	1237.1
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	704.3	710.4	700.1
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	516.0	513.9	537.0
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	516.0	513.9	537.0
17) VOLUMEN GEDMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	516.0	513.9	537.0
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.365	2.382	2.304
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.435	2.435	2.435
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	4.85	4.14	5.37
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1.816	1.784	1.805
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.95	0.93
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1816	1713	1679
25) FLUJO	9.7	10	10.1
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.240	2.256	2.182
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.647	2.647	2.647
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	15.39	14.77	17.58
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	74.46	80.50	62.45

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 18. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 02:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.6	5.6	5.6
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.20	55.20	55.20
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.569	2.569	2.569
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1230.7	1224.2	1238.5
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1230.7	1224.2	1238.5
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	710.7	717.5	708.4
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	520.0	506.7	530.1
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	520.0	506.7	530.1
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	520.0	506.7	530.1
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.367	2.366	2.336
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.428	2.428	2.428
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	3.52	3.55	3.77
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,810	1,760	1,816
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1810	1690	1689
25) FLUJO	9.1	10	9.7
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.234	2.234	2.206
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.647	2.647	2.647
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	15.59	15.62	16.67
29) $VACIOS LLENADOS C.A \frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	75.01	74.85	70.46

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 19. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arclid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 08:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.9	5.9	5.9
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.10	55.10	55.10
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECIFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.569	2.569	2.569
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	715.9	706.1	719.3
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	518.6	525.9	517.4
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.É DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	518.6	525.9	517.4
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	518.6	525.9	517.4
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.380	2.343	2.390
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.413	2.413	2.413
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	2.33	3.40	2.92
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1.822	1.776	1.809
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1822	1657	1682
25) FLUJO	10	9.1	8.7
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.240	2.204	2.249
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.647	2.647	2.647
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	15.37	16.72	15.03
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	81.35	75.67	86.85

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 20. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslideservicios Generales E.I.R.L, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

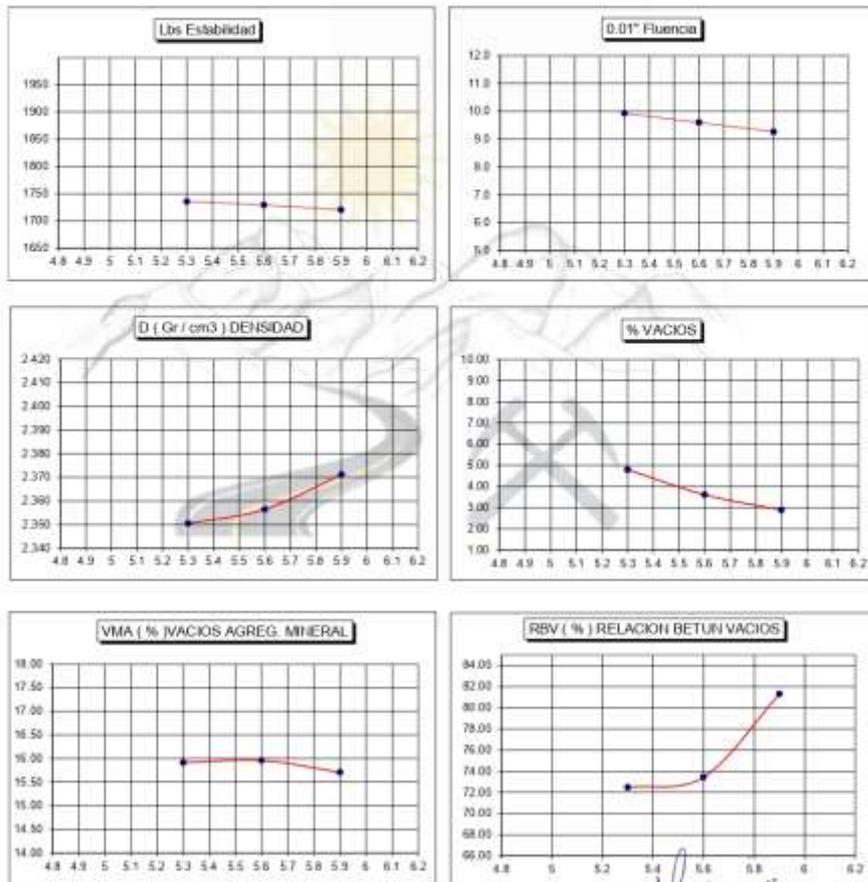
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIAGRAMAS ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (prod.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023



Cecilia Zapata García
Ingeniera Civil
CIP. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 21. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (ASTM D 1559)

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8973)

FECHA: OCTUBRE 2023

TRAFICO: PESADO

PEN: 60/70

I.- MATERIALES PETREOS .-

* PIEDRA CHANCADA (45,0% DE 1/2") CANTERA CERRO MOCHO

* MEZCLA DE ARENAS (55,0 %) - 50.% A. GRUESA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS + 50,0% A. FINA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS

II.- DOSIFICACION .-

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. " BULL "	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.569	1620

III.- CARACTERISTICAS DEL DISEÑO MARSHALL

			ESPECIFICACIONES MINIMAS
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Gln/m ³	5.70%	
ESTABILIDAD (LBS)		1729	> 1800
FLUJO (0.01")		9.60	min 8, max 16
VACIOS EN LA MEZCLA (%)		3.76	min 3, max 5
PESO UNITARIO (GR / CC)		2359	
VACIOS EN EL AGREG. MINERAL (VMA)		15.86	> 14
VACIOS LLENADOS CON C. ASF. (RBV)		75.73	< 80

Cecilia Zapata García
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 22. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 4% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 01:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.3	5.3	5.3
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.9	37.9	37.9
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.40	55.40	55.40
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.499	2.499	2.499
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1220.4	1243.5	1216.5
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1220.4	1243.5	1216.5
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	691.4	699.1	694.5
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	529.0	544.4	522.0
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.F DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	529.0	544.4	522.0
17) VOLUMEN GEDMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	529.0	544.4	522.0
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.307	2.284	2.330
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.399	2.399	2.399
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	3.84	4.80	2.87
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,770	1,769	1,801
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.95	0.93
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1770	1698	1675
25) FLUIDO	7	8	7.6
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.185	2.163	2.207
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.603	2.603	2.603
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	15.07	15.90	15.22
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	71.13	69.13	71.17

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 23. Ensayo Marshall de briqueta al 5.3% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 02:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.6	5.6	5.6
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.20	55.20	55.20
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECÍFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECÍFICO DEL AGREG. FINO	2.499	2.499	2.499
8) PESO ESPECÍFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1226.1	1224.2	1238.5
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1226.3	1224.2	1238.5
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	707.4	694.3	690.4
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	523.9	529.9	548.1
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	523.9	529.9	548.1
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APROPTADO	523.9	529.9	548.1
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.341	2.310	2.260
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR	2.393	2.393	2.393
21) % VACIOS = $100 - \frac{(20-19)}{20}$	2.17	3.45	5.57
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1.824	1.701	1.734
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1824	1633	1613
25) FLUJO	7.1	8.2	7.4
26) $L = 19 \frac{(100-1/100)}$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.210	2.181	2.133
27) $\frac{D1-2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.603	2.603	2.603
28) V.M.A. = $100 - \frac{(27-26)}{27}$	14.10	14.71	16.55
29) $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$ VACIOS LLENADOS C.A	77.95	77.94	66.47

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 24. Ensayo Marshall de briqueta al 5.6% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (arcid.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023

MUESTRA 08:

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA :										

Nº BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.9	5.9	5.9
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.10	55.10	55.10
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECIFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.753	2.753	2.753
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.499	2.499	2.499
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	705.1	692.4	697.3
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	531.4	539.6	539.4
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14/P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	531.4	539.6	539.4
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN APOPTADO	531.4	539.6	539.4
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.323	2.283	2.293
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.378	2.378	2.378
21) % VACIOS = $100 (20-19) / 20$	2.31	3.99	3.59
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1.834	1.776	1.809
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.99
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1834	1657	1682
25) FLUJO	7.1	8	7
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.186	2.148	2.157
27) $DI = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.603	2.603	2.603
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	15.02	15.96	15.62
29) VACIOS LLENADOS C.A. $\frac{1 \times 19 \times 100}{VMA}$	79.27	76.40	78.63

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 25. Ensayo Marshall de briqueta al 5.9% de CA utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

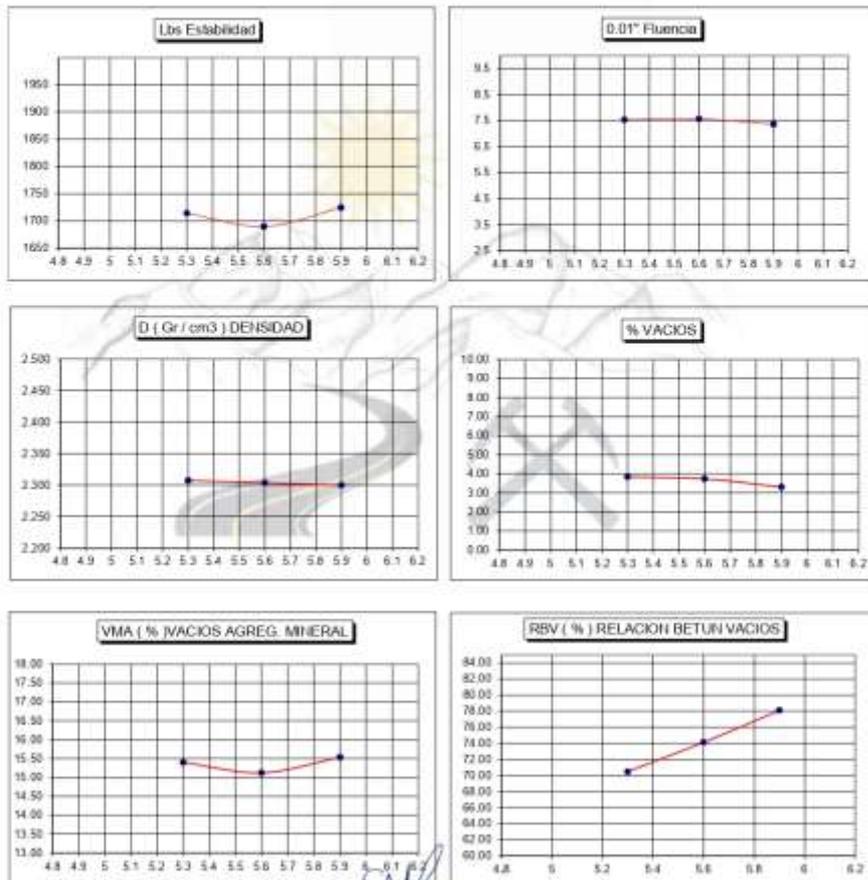
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIAGRAMAS ENSAYO MARSHALL

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (prod.org/0000-0001-9518-8971)

FECHA: OCTUBRE 2023



[Signature]
Ing. Cecilia García Orzoco
INGENIERA CIVIL
C.I.P. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 26. Diagramas de resistencia de la mezcla asfáltica utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023



GEOSLIDE
SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (ASTM D 1559)

TESIS: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA: ZAPATA GARCÍA, CECILIA MELISSA (orcid.org/0000-0001-9518-8973)

FECHA: OCTUBRE 2023

TRAFICO: PESADO

PEN: 60/70

I.- MATERIALES PETREOS .-

* PIEDRA CHANCADA (45,0% DE 1/2") CANTERA CERRO MOCHO

* MEZCLA DE ARENAS (55,0 %) - 50.% A. GRUESA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS + 50,0% A. FINA CANT. HUASIMAL - CHULUCANAS

II.- DOSIFICACION .-

AGREGADOS	DOSIF. AGREG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. " BULL "	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.753	1554
ARENA GRUESA	55%	27.5		
ARENA FINA		27.5	2.499	1600

III.- CARACTERISTICAS DEL DISEÑO MARSHALL

			ESPECIFICACIONES MINIMAS
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Gln/m3	5.70%	
ESTABILIDAD (LBS)		1710	> 1800
FLUJO (0.01")		7.49	min 8, max 16
VACIOS EN LA MEZCLA (%)		3.62	min 3, max 5
PESO UNITARIO (GR / CC)		2303	
VACIOS EN EL AGREG. MINERAL (VMA)		15.35	> 14
VACIOS LLENADOS CON C. ASF. (RBV)		74.23	< 80

Cecilia Melissa Zapata García
INGENIERA CIVIL
CIP. N° 262620

geoslidescompany@gmail.com / @geoslidoperu / 051 - 998063774

Figura 27. Diseño Marshall de mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado grueso natural y reemplazando el 6% de A. F. por vidrio triturado y ceniza de paja de arroz

Fuente: Empresa Geoslide Servicios Generales EIRL, 2023

ANEXO 04. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 28. Obtención del peso de los agregados y cemento asfáltico *Fuente: Elaboración propia, 2023.*



Figura 29. Medición de temperatura *Fuente: Elaboración propia, 2023.*



Figura 30. Proceso de mezclado de agregados, ceniza de paja de arroz y vidrio triturado en estufa

Fuente: Elaboración propia, 2023.



Figura 31. Conformación de briquetas

Fuente: Elaboración propia, 2023.

ANEXO 05. MATRIZ EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

EVALUACION POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE MATERIALES SOSTENIBLES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS Y SU APLICABILIDAD EN LA REGION DE PIURA". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	Ana Stefany García Orozco
Grado profesional:	Maestría () Doctor ()
Área de formación académica:	Ingeniería
Áreas de experiencia profesional:	Ingeniería civil
Institución donde labora:	Privado
Tiempo de experiencia profesional en el área:	02 años
Experiencia en investigación:	

2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

3. Datos de la escala

Nombre de la prueba:	Análisis Granulométrico por tamizado, peso específico y absorción, ensayo Marshall
Autora:	Cecilia Melissa Zapata García
Material:	Ceniza de paja de arroz, residuos de vidrio triturado.

4. Soporte teórico

Escala/Área	Subescala (dimensiones)	Definición
Razón	Diseño de mezcla asfáltica. Resistencia de mezcla asfáltica.	Se realizará el diseño de mezcla asfáltica mediante el método Marshall para posteriormente calcular su respectiva resistencia mediante rotura de briquetas.

5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, a usted le presento el cuestionario diseño de mezclas asfálticas mediante el método Marshall. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1.No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2.Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3.Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4.Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo	1.Totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2.Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión
	3.Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4.Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente

1 No cumple con el criterio
2. Bajo Nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Dimensiones del instrumento:

- Primera dimensión: Diseño de mezclas asfálticas
- Objetivos de la Dimensión: Razón

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Diseño Marshall.		4	4	4	

- Segunda dimensión: Resistencia de mezclas asfálticas.
- Objetivos de la Dimensión: Razón

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Rotura de briquetas.		4	4	4	


 Ana Steffany Garcia Orozco
 INGENIERA CIVIL
 C.I.P. N° 262620

DNI N° 70287417