



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
TESIS**

**Diseño de mezcla asfáltica adicionando cenizas de  
cascarilla de oryza sativa, Chiclayo – Lambayeque**

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

**Autor**

Bach. Larrea Saldaña, Maiky Leonardo.  
<https://orcid.org/0000-0002-4512-7051>

**Asesor**

**Mg. Cespedes Deza Jose Alfredo Rolando**  
<https://orcid.org/0000-0003-1579-8388>

**Línea de Investigación**

**Infraestructura, tecnología y medio ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2023**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE  
ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE**

**Aprobación del jurado**

---

MG. REINOSO SAMAME JORGE ANTONIO

**Presidente del jurado de Tesis**

---

MG. MEDRANO LIZARZABURU EITHEL YVÁN

**Secretario del jurado de Tesis**

---

MG. CESPEDES DEZA JOSE ALFREDO ROLANDO

**Vocal del jurado de Tesis**

**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado** del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO – LAMBAYEQUE**

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

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Larrea Saldaña Maiky Leonardo	DNI:74313664	
-------------------------------	--------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Pimentel, 04 de mayo del 2023

## **Dedicatoria**

En primer lugar, dedico este proyecto de tesis a Dios por estar siempre conmigo siendo mi guía y fortaleza en todo momento.

A la memoria de mis padres, Manuel A. Larrea Ezcurra y Carmen V. Saldaña de los ríos, Por su constante apoyo, consejos y sobre todo su amor y paciencia, siendo los que me inculcaron el temor a Dios, los principios y valores, para conseguir mis objetivos y a ser una persona perseverante y constante para llegar alcanzar mis metas.

LARREA SALDAÑA, Maiky Leonardo

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por la vida, la salud y por permitirme la culminación de mi carrera profesional.

A la memoria de mis padres por su infinito apoyo y esfuerzos, que hicieron durante mi formación profesional, por ser de alguna manera mi motivación para cumplir mis objetivos.

A mis hermanos. Mayra, Jossimar y Marcia, por ser las personas que son mi fuerza y mi soporte. Para salir adelante y por motivarme a culminar mis estudios.

A María Paula y a mi tía Rosa Lucia Arelisa de los ríos, por su apoyo incondicional, estando siempre presentes en cada etapa de mi vida, y forjándome a ser mejor cada día.

A los docentes de la Universidad Señor de Sipán, de la escuela profesional de ingeniería civil, por contribuir en el proceso académico y profesional.

LARREA SALDAÑA, Maiky Leonardo

## Índice

Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras .....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática .....	11
1.2. Formulación del problema .....	18
1.3. Hipótesis .....	19
1.4. Objetivos.....	19
1.5. Teorías Relacionadas al tema .....	20
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	60
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	60
2.2. Variable, Operacionalización .....	60
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección .....	63
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	64
2.5. Procedimiento de análisis de datos .....	64
2.6. Criterios éticos.....	71
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
3.1. Resultados.....	73
3.2. Discusión .....	95
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
4.1. Conclusiones .....	98
4.2. Recomendaciones .....	100
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS .....	109

## Índice de Tablas

<b>Tabla I</b> Composición química del Cemento Asfáltico .....	22
<b>Tabla II</b> Temperatura de cemento asfáltico .....	24
<b>Tabla III</b> Componentes Químicos De la ceniza de oryza sativa (arroz) .....	36
<b>Tabla IV</b> Composición de la muestra de ceniza de cáscara de arroz en % a temperatura de 410°C .....	39
<b>Tabla V</b> Elementos químicos en ceniza de cascarilla de oryza sativa en % a temperatura de 910°C .....	40
<b>Tabla VI</b> Fallas por su inestabilidad en el pavimento .....	43
<b>Tabla VII</b> Fallas por baja durabilidad .....	44
<b>Tabla VIII</b> Fallas por permeabilidad .....	45
<b>Tabla IX</b> Fallas por baja trabajabilidad.....	47
<b>Tabla X</b> Fallas por resistencia a la fatiga .....	48
<b>Tabla XI</b> Fallas por Deslizamiento .....	49
<b>Tabla XII</b> Número de Golpes de Acuerdo al Tráfico.....	57
<b>Tabla XIII</b> Especificaciones Técnicas Para los Agregados Gruesos .....	57
<b>Tabla XIV</b> Especificaciones técnica para el agregado fino .....	58
<b>Tabla XV</b> Especificaciones técnicas para mezcla asfáltica en caliente .....	58
<b>Tabla XVI</b> EG- 2013 Tabla 423-06.....	59
<b>Tabla XVII</b> Operacionalización de variable independiente .....	61
<b>Tabla XVIII</b> Operacionalización de variable dependiente.....	62
<b>Tabla XIX</b> Cantidad de briquetas elaboradas .....	63
<b>Tabla XX</b> Resultado del Control de Calidad del Agregado Grueso .....	73
<b>Tabla XXI</b> Resultado del Control de Calidad del Agregado Fino .....	74
<b>Tabla XXII</b> Resultado de la Granulometría Agregado Grueso .....	74
<b>Tabla XXIII</b> Resultado de la granulometría agregado fino .....	76
<b>Tabla XXIV</b> Resultado de la Granulometría Filler o Relleno mineral .....	77
<b>Tabla XXV</b> Resultado de la granulometría combinado, ag. grueso; ag. fino y filler.....	78
<b>Tabla XXVI</b> Composición físico-química de las cenizas de cascarilla de oryza sativa .....	80
<b>Tabla XXVII</b> Resultados del contenido óptimo de asfalto para el diseño de mezcla patrón .	81
<b>Tabla XXVIII</b> Resultado del MAC-02 Patrón para Tránsito Pesado, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa C.C.O.S.....	91
<b>Tabla XXIX</b> Resultado del MAC-02 Patrón para Tránsito Mediano, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa C.C.O.S.....	92
<b>Tabla XXX</b> Resultado del MAC-02 Patrón para Tránsito Liviano, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa C.C.O.S.....	93
<b>Tabla XXXI</b> Resultado de contenido óptimo de ceniza de cascarilla de oryza sativa en el asfalto.....	94

## Índice de Figuras

<b>Fig. 1.</b> Cemento Asfaltico .....	20
<b>Fig. 2.</b> Proceso de Obtención de Asfalto .....	21
<b>Fig. 3.</b> Cemento Asfaltico "PEN" .....	23
<b>Fig. 4.</b> Comportamiento visco elástico del cemento asfaltico.....	24
<b>Fig. 5.</b> Suministro e Instalación de emulsión asfáltica .....	25
<b>Fig. 6.</b> Interacción Asfalto-Filler .....	34
<b>Fig. 7.</b> Hornos artesanales para calcinación.....	38
<b>Fig. 8.</b> Equipo para Ensayo Marshall .....	52
<b>Fig. 9.</b> Briqueta .....	54
<b>Fig. 10.</b> Diagrama de flujo de procesos .....	65
<b>Fig. 11.</b> Insumos para el desarrollo de la investigación.....	66
<b>Fig. 12.</b> Proceso; para la obtención de la ceniza de cascarilla de oryza sativa.....	67
<b>Fig. 13.</b> Ensayo para los agregados gruesos y finos que cumplan de acuerdo a lo especificado .....	69
<b>Fig. 14.</b> Procedimiento de elaboración de briquetas asfálticas .....	70
<b>Fig. 15.</b> Procedimiento para ensayos de Estabilidad; Flujo y prueba de vacíos "rice" de las briquetas asfálticas .....	71
<b>Fig. 16.</b> Curva Granulométrica AG. Grueso.....	75
<b>Fig. 17.</b> Curva granulométrica ag. fino.....	76
<b>Fig. 18.</b> Curva granulométrica filler .....	77
<b>Fig. 19.</b> Curva granulométrica combinado teórico.....	79
<b>Fig. 20.</b> Análisis de la temperatura de incineración .....	80
<b>Fig. 21.</b> Unitario - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	82
<b>Fig. 22.</b> % De Vacíos- Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	82
<b>Fig. 23.</b> V.M.A - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón.....	82
<b>Fig. 24.</b> V.LL.C. A - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	83
<b>Fig. 25.</b> Polvo/Asfalto - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	83
<b>Fig. 26.</b> Flujo - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón.....	83
<b>Fig. 27.</b> Estabilidad - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón.....	84
<b>Fig. 28.</b> Estabilidad/Flujo - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón.....	84
<b>Fig. 29.</b> P. Unitario - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	85
<b>Fig. 30.</b> % De Vacíos- Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	85
<b>Fig. 31.</b> V.M.A - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	85
<b>Fig. 32.</b> V.LL.C. A - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	86
<b>Fig. 33.</b> Polvo/Asfalto - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón.....	86
<b>Fig. 34.</b> Flujo - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	86
<b>Fig. 35.</b> Estabilidad - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	87
<b>Fig. 36.</b> Estabilidad/Flujo - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	87
<b>Fig. 37.</b> P. Unitario - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	88
<b>Fig. 38.</b> % De Vacíos- Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	88
<b>Fig. 39.</b> V.M.A - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	88
<b>Fig. 40.</b> V.LL.C. A - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	89
<b>Fig. 41.</b> Polvo/Asfalto - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón.....	89
<b>Fig. 42.</b> Flujo - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	89
<b>Fig. 43.</b> Estabilidad - Tránsito Liviano" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	90
<b>Fig. 44.</b> Estabilidad/Flujo - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón .....	90

## Resumen

En la actualidad se generan problemas de contaminación ambiental. Debido a procesos industriales por excesivos productos y materiales de desperdicios, siendo necesario aprovechar estos desechos industriales, es por ello que en esta investigación se propone la utilización de la ceniza de cascarilla de oryza sativa, como filler, en reemplazo del cemento mejorando la resistencia y durabilidad, esperándose tener una mezcla asfáltica, que disminuya la contaminación ambiental, económica y que sea estable y contenga la adecuada estabilidad de vacíos. Se empleó una metodología de tipo aplicada y de diseño experimental, se realizó un total de 180 briquetas para los tres tipos de tránsito, liviano, mediano y pesado. Se evaluó la adición de la ceniza de cascarilla de oryza sativa, para el diseño MAC-02, teniendo como objetivo evaluar el diseño de mezclas asfálticas, adicionando cenizas de cascarilla de oryza sativa. Desarrollándose la metodología marshall con un porcentaje de C.C.O.S respecto al filler en 0.25% - 0.50% - 0.75% - 1.00%. Los resultados obtenidos cumplieron con los estándares de calidad en los agregados, así como también en las propiedades físicas y mecánicas de las muestras. Se concluye que al utilizar la ceniza de cascarilla de oryza sativa, en reemplazo del filler como relleno mineral cumple al adicionar el 0.75% de C.C.O.S. para los 03 tipos de tránsito A, B y C con respecto a los parámetros marshall y mostrando mejoras sobre la mezcla asfáltica convencional.

**Palabras claves:** Ceniza de cascarilla de oryza sativa, mezcla asfáltica, filler, método marshall.

## Abstract

Nowadays, environmental contamination problems are generated. Due to industrial processes caused by excessive waste products and materials, it is necessary to take advantage of these industrial wastes, which is why this research proposes the use of oryza sativa husk ash as a filler to replace cement, improving resistance and durability, hoping to have an asphalt mixture that reduces environmental and economic contamination and that is stable and contains adequate stability of voids. An applied and experimental design methodology was used, a total of 180 briquettes were made for the three types of traffic, light, medium and heavy. The addition of oryza sativa husk ash was evaluated for the MAC-02 design, with the objective of evaluating the design of asphalt mixtures, adding oryza sativa husk ash. The marshall methodology was developed with a percentage of C.C.O.S. with respect to the filler of 0.25% - 0.50% - 0.75% - 1.00%. The results obtained complied with the quality standards in the aggregates, as well as in the physical and mechanical properties of the samples. It is concluded that the use of oryza sativa husk ash, replacing the filler as mineral filler, complies with the 0.75% of C.C.O.S. for the 03 types of traffic A, B and C with respect to the marshall parameters and showing improvements over the conventional asphalt mixture.

**Keywords:** Oryza sativa husk ash, asphalt mix, filler, Marshall method.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Woszuk et al., [1] describe que el actual problema sobre contaminaciones que se ocasionan en el ambiente es por los productos desechables. Ocasionando así una preocupación mundial grave. Teniendo en cuenta que el mal aprovechamiento de los recursos de origen natural Son un desafío en las Empresas industriales, sobre como contrarrestar estas actividades de extracción de recursos naturales procurando Reducir la contaminación ambiental, utilizando los residuos sólidos provenientes de procesos donde se desechan en un gran porcentaje e incorporando recursos naturales de agregados minerales y pétreos crudos en la elaboración de la mezcla asfáltica.

Lizcano y Ramos [2] se requieren la habilitación de nuevas carreteras, por lo que se ha optado como una alternativa, para que los pavimentos de mezclas asfálticas puedan llegar a su tiempo de vida útil, teniendo en consideración la mitigación sobre el impacto ambiental y reduciendo gastos económicos. Puesto que se ha optado como un material de relleno, a la ceniza producto de la incineración de la cascara de arroz CCA, que nos garantice las propiedades fundamentales de un pavimento, que son la resistencia y la durabilidad de acuerdo a los parámetros del diseño Marshall.

Marioleide et al., [3] Han ido incremento la utilización de residuos en pavimentación, debido por la limitación, la disminución y falta de materias primas de origen natural. Por lo que en la actualidad se es necesario utilizar los residuos desechables de los procesos industriales, como insumos en la elaboración de nuevos materiales para la pavimentación. Ya que en el proceso para generar electricidad en plantas termoeléctricas se obtiene residuos. Producto de la quema del carbón mineral. Por las propiedades puzolánicas que tienen las cenizas volantes, Si se utiliza en mezclas asfálticas tiene la Probabilidad de aumentar su rigidez, disminuir las deformaciones, bajar los costos de las cargas y aminorar los daños por humedad en las mezclas.

Castillo [4] toca la problemática, en la actualidad se generan controversias, sobre cómo se va reutilizar los materiales de desecho, por lo que han comenzado a realizar investigaciones, para dar una solución de estos materiales, debido a que la cascara de arroz se pueda reutilizar como producto de desecho, reduciendo la contaminación ambiental, por lo cual se reutilizara de la ceniza de *Oryza sativa*, para disminuir deformación y aumentar la resistencia de la carpeta asfáltica.

Jeffry et al., [5] los pavimentos, no llega a su tiempo de vida estimada, puesto que va disminuyendo con el pasar del tiempo, según el aumento de la carga vehicular, a mayor crecimiento vehicular eso generara mayor carga de tránsito ocasionando fallas en el pavimento, que son a causa de los surcos y el agrietamiento por la fatiga del tránsito vehicular. Ocasionando buscar continuamente la mejora en el pavimento como es en la mezcla asfáltica adicionando nanomateriales, ya que pueden mejorar sus propiedades, por su tamaño que es de (1-100 nm), se la adicionara a la emulsión asfáltica la ceniza de la cascara de coco.

Luo et al., [6] toca la problemática en Taiwán se utiliza un método adecuado para desechar residuos sólidos, a través del proceso de incineración, esto con lleva a reducir, estabilizar, desintoxicar y reciclar. Por lo que en el año 2011 se cuantificaron 902.000 toneladas de ceniza de fondo de incineración, puesto que si sigue así se generara un gran problema de impacto ambiental en Taiwán, puesto que se desea utilizar como principal aplicación en lo que son materiales de construcción principalmente en las superficies de concreto asfáltico.

Parra y Gallo [7] el asfalto debido a que es un material que cuenta con la capacidad de ser impermeable, cohesivo y adherente asimismo tiene la capacidad de soportar a altas cargas de tránsito. Estas cargas permanentes producen una fatiga y un desgaste de la carpeta asfáltica, por estas causas se está explorando incesantemente en nuevas materias primas para incorporar a la mezcla asfáltica y que mejore sus propiedades. Es por ello que se está optando por un material ecológico y que reduzca la contaminación ambiental como es la cascara de arroz utilizándola como ceniza, debido a que cuenta con un elevado contenido de

sílice siendo mayor al 90% buscando alargar el tiempo de vida estimada de los pavimentos y en especial de la carpeta asfáltica convencional.

Adauto [8] el incremento de los vehículos, debido a un aumento de la población se siguen utilizando para las obras de pavimentación el diseño de mezcla convencional, ocasionando las fallas más comunes que se tienen en la ciudad de Lima como son el ahuellamiento, la fatiga causada por el aumento del tráfico, y la falta de innovación sobre la construcción de pavimentos flexibles, que mejoren sus propiedades, como adicionar la cenizas de caña de maíz en las mezclas asfálticas.

Cordova y Valverde [9] en el Perú hay un gran crecimiento en las pavimentaciones que están realizadas presentando en su gran mayoría fallas, que con el tiempo se comienzan a deteriorar no llegando a su tiempo de vida útil estimada, Por lo que se ha visto en un constante deterioro la av. Chulucanas en la ciudad de Piura debido a que se ha buscado dar solución, motivando a crear alternativas, una de estas es adicionando la parte desecha de la cascarilla de arroz (ceniza) su derivado, la ceniza, debido a que, si no es aprovechado en su mejor manera, generara un gran problema con el medio ambiente.

Ramos [10] La provincia de Lambayeque cuenta con aproximadamente 41 molinos, los cuales producen aproximadamente 399,038 toneladas de arroz, estos en la actualidad generan una gran contaminación negativo para la región debido a los residuos del pilado de arroz como es la cascara, con esta investigación se desea un manejo de los residuos sean sostenibles, de tal forma que no se vean perjudicado los pobladores, ya que se desea que se dé más importancia a la potencia del residuo, con el fin de que sea usado en cemento compuesto debido a que este tipo de cenizas tienen un contenido significativo de sílice.

Irigion [11] menciona que en J.L.O se siguen continuamente utilizando para la pavimentación de sus calles un diseño de pavimento tradicional tanto para el pavimento flexible como para el pavimento rígido, por lo que tienen de base el metodo AASHTO 93 y el del instituo de asfalto por lo que las principales fallas que se presentan son baches,

ahuellamiento, fatiga, entre otros, se sabe que en la ciudad de Chiclayo es costosa y sus calles no presentan drenaje pluvial por lo que cuando ocurren precipitaciones, la carpeta asfáltica es perjudicada llegando hasta afectar la base del pavimento

Sosa [12] tocó la problemática, que debido al incremento de vehículos en el Perú se ha visto en la necesidad de buscar opciones para modificar las mezclas asfálticas, ya que en su gran mayoría los pavimentos flexibles, no llegan a culminar su tiempo de serviciabilidad para el que fueron previstos, debido al aumento de las cargas de tráfico, esto ocasionando fatiga, ahuellamiento, surcos, entre otros, por lo que se propuso adicionar un aditivo orgánico sobre la mezcla asfáltica, esperando obtener la relación que hay entre la estabilidad y flujo, mejorando su resistencia y durabilidad de la carpeta asfáltica.

Gutiérrez [13] en los últimos años en Perú se han visto las fallas más comunes en el pavimento flexible como el agrietamiento, fisuras, bacheo entre otros, así como el aumento automovilístico, ocasionando el desgaste de las carreteras y por ende un mayor costo en los mantenimientos de la vía, generando deficiencias en la estructura del pavimento perjudicando e implicando reconstruir las carreteras, para que puedan transportar y movilizar de una manera cómoda y segura, siendo necesario mejorar la capa de rodadura adicionando un aditivo como la cal hidratada, siendo la mejor opción para aumentar su durabilidad.

Como antecedentes de estudio con los cuales sirvieron como guía para la realización de la investigación se tuvo a: Bojorque et al., [14] en su estudio tuvo como objetivo el método de diseño de pavimento flexible sea correlacionado con el resultado obtenido en laboratorio según el desempeño realizado in situ, se utilizó la metodología Marshall para diseñar la carpeta de asfalto post construcción de las vías a pavimentar, llegando a concluir que los resultados de acuerdo al contenido óptimo de asfalto. Se vinieron preparando muestras al 0,5 % en peso de la Mezcla Asfáltica, para poder obtener la estabilidad, flujo y densidad.

Sembiring et al., [15] en su estudio titulado "Síntesis y caracterización de precursores de compuestos asfálticos utilizando sílice amorfa de cáscara de arroz" tiene como objetivo

realizar una comparación de la funcionalidad del asfalto incorporándole gradualmente el contenido de sílice, las muestras se caracterizaron mediante espectroscopía, para esta investigación la metodología es preparar materiales asfálticos con propiedades de estabilidad, pureza química, fuerte adsorción y con buena capacidad de dispersión, por lo que se obtuvo como resultado un cambio en las propiedades de los asfáltenos con respecto a la formación de sílice y carbono teniendo una mayor temperatura de compactación y descomposición con la adición del sílice amorfo.

Arabani y Tahami [16] en su investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente modificadas con cenizas de cascarilla de arroz, mediante el método Marshall, teniendo como finalidad mejorar la estabilidad, el módulo de rigidez, la resistencia y el comportamiento a la fatiga, sobre la capa de rodadura, se concluyó que al adicionar 5%; 10% y 15% de (RHA), mejoró sus propiedades mecánicas, mientras que con el 20% de (RHA) las propiedades en la mezcla asfáltica en caliente disminuyeron,

Rengarasu et al., [17] en su estudio tuvo como objetivo principal modificar el asfalto convencional, adicionándole cenizas de cascará de arroz carbonizada (CRH) o cenizas de carbón, se empleará el método Marshall, siendo fundamental en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, para determinar la estabilidad y flujo, buscando encontrar una alternativa de materiales. Reduciendo el gasto en su elaboración, pero mejorando su rendimiento, por lo que se concluye que al adicionar en la mezcla asfáltica los porcentajes 5% ;10% y 15% de (CRH), se obtuvo como resultado que el contenido óptimo de adición es el 11% (CRH). Siendo la que mostró la mayor estabilidad y bajo contenido de asfalto.

Putra et al., [18] en su investigación titulada " Propiedades de estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica que incorpora ceniza de cascara de arroz negro (RHA) " tiene como objetivo mejorar la resistencia y durabilidad en las mezclas asfálticas adicionando (RHA) como relleno de vacíos, se evaluó mediante la estabilidad Marshall; rigidez flujo y densidad, considerándose cuatro porcentajes de adición es decir, 0%, 2%, 4% y 6%, obteniéndose

resultados favorables con relación a la muestra, se concluye que mostró mejoras con respecto a la estabilidad Marshall al adicionar el 6% de (RHA).

Raja et al., [19] en su investigación, tiene como objetivo evaluar experimentalmente las cenizas de cascarilla de arroz (RHA) y cenizas volantes (FA) como relleno de vacíos en las mezclas asfálticas en caliente, en reemplazo de la cal hidratada (HL) utilizadas como rellenos convencionalmente mediante la metodología Marshall, se adicionaron en proporciones que va desde el 2% hasta 8%. Obteniéndose en resultados que la mezcla asfáltica en caliente, mejora su rendimiento al adicionar un 4% de RHA y FA, reduciendo el % de asfalto hasta 7.50% en relación a las mezclas asfálticas convencionales.

Al-gurah & Al-Humeidawi, [20] en su estudio tuvo como objetivo principal el determinar los diferentes tipos de rellenos minerales en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, tal es el caso en la investigación se utilizó como relleno mineral 03 elementos los cuales son la ceniza de cascara del arroz (RHA), caliza y Cemento Portland Ordinario (OPC). empleándose la metodología Marshall adicionando cada material en reemplazo del Filler con proporción de 0.25; 0.50; 0.75 y 1.00, las mezclas obtenidas se ensayaron para determinar la estabilidad, la fluencia y el contenido de vacíos, obteniéndose como resultado al reemplazar un 0.25 de RHA y 0.75 de Filler muestra mejoras, ya que la estabilidad Marshall aumento 13% en comparación con las muestras patrones.

Tahami, et, al, [21] en su investigación, tuvo como objetivo reemplazar el relleno convencional de las mezclas asfálticas, por dos cenizas como la ceniza de cascara de arroz (RHA) y de ceniza de semilla de dátil (DSA), se evaluó la estabilidad, modulo de rigidez, entre otras propiedades utilizando la metodología Marshall, reemplazando los porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% respecto al porcentaje del filler, se tuvo por resultados que las mezclas asfálticas al adicionar rellenos DSA y RHA, mejoran en la estabilidad y modulo de rigidez, cuando se utilizó el 25% y 100%, aumentaron su estabilidad al adicionar DSA en un 12% y 36% y RHA en 10% y 28% mejorando respecto a los patrones, se concluye que se tiene

mejor sensibilidad termica al utilizar estas 02 cenizas , mejorando la resistencia cuando se formen ahuelamientos y la fatiga vehicular.

Loaiza et. al [22] en su investigación tuvo por objetivo encontrar innovadores materiales que se puedan utilizar en la incorporación de las carpetas asfálticas en las comunidades locales del caribe tales son como el polvo de fibra de coco y las fibras de coco residuales, se empleara una metodología de e llevó a cabo utilizando espectroscopía infrarroja de barrido para analizar la microestructura de las muestras, obteniendo como resultado que se emplearon las concentraciones utilizadas fueron 0% ,1% ,2,5 5,0% en peso con respecto a la mezcla asfáltica.

Mondragón y Sevillano [23] en su investigación tiene por objetivo general realizar un diseño de pavimento flexible óptimo, incorporando la ceniza de cascarilla de arroz, comparándola con la capeta asfáltica tradicional. En la ciudad de tarapoto, se empleo el método marshall para verificar las caracterisitcas fisico-mecanicas en una mezcla asfaltica, relizando muestras incorporando un 4% de C.C.A , llegando a concluir que con este porcentaje añadido de C.C.A y empleando 6% de Pen 60/70,se concluyo que a mayor flujo, menor resistencia.

Regalado y Regalado [24] en su estudio tuvo por objetivo principal realizar un análisis comparativo de mezclas asfáltcas tradicionales y los diseños de mezclas asfáltcas al incorporar zeolita aplicando metodología Marshall, para su estabilidad y fluencia y como mejorar sus propiedades físicas en relación al diseño de mezcla asfáltca tradicional, concluyendo al elaborar mezclas asfáltica a temperaturas de 100°C, 120°C,130°C y 140°C, se optó por adicionar como filler en porcentajes de 1%,2% y 3% , por lo que llega a cumplir para la estabilidad y flujo requerido mas no como relleno de vacíos.

Valera [25] en su investigación tuvo como objetivo, elaborar una mezcla asfáltica utilizando los desechos, producto de demoliciones en Chiclayo como es el polvo del ladrillo y la cal como agregado filler en las características de las mezclas asfálticas, se utilizó

metodología Marshall obteniendo resultados que la fluencia de la mezcla se reduce y la estabilidad incrementa, ya que el porcentaje más óptimo tanto para la cal como para el polvo del ladrillo, ambos como relleno fue en un 5.7% para ambos tipos de material.

Pasquel y Sovero [26] en su estudio tuvo por objetivo principal investigar la influencia al adicionar cascarilla de arroz en mezclas asfálticas en caliente. Empleándose para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas al adicionar C.C.A por el método Marshall evaluando el % de vacíos, estabilidad y flujo, se realizó la modificación del MAC convencional, incorporando en 0.50%, 1.00% y 2.00% la C.C.A sobre la mezcla asfáltica. Se concluyó al adicionar en 0.50% de C.C.A, presentando una mejor resistencia en comparación a la del diseño patrón.

La investigación se justificó porque se observó una necesidad basada en las fisuras, ahuellamiento, bacheo, piel de cocodrilo. generando la deformación de las carreteras de pavimentos flexible, siendo la ceniza de cascarilla de *Oryza sativa* (C.C.O.S), una variante como adición mineral. esta ceniza es considerada como una puzolana artificial. Por tal motivo es necesario investigar, más los rellenos de vacíos en mezcla asfálticas, tal es el caso como en esta presente investigación, al adicionar la ceniza de oryza sativa en las mezclas asfálticas, mejora el desempeño en pavimentos. Se mencionan estudios donde, se demostraron resultados favorables cuando se agrega cenizas de cascarilla de oryza sativa. En el manual de Carreteras EG-2013 considera a los rellenos de vacíos como filler, mejoran su resistencia y aumentan el tiempo para el que fueron diseñados, por lo que se ahorra en mantenimiento y llegan a su tiempo de vida útil, ya que el costo de la C.C.O.S no es muy elevado debido a que es un residuo industrial de la obtención del pilado del arroz. Siendo un residuo de desecho que abunda en la zona norte y en la región amazónica.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Qué efecto tendrá la adición de ceniza de cascarilla de oryza sativa en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, en reemplazo del cemento como relleno mineral utilizando el método Marshall?

### **1.3. Hipótesis**

La adición de ceniza de cascarilla de oryza sativa, tendrá un efecto beneficioso en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, en reemplazo del cemento como relleno mineral utilizando el método Marshall.

### **1.4. Objetivos**

#### **Objetivo General**

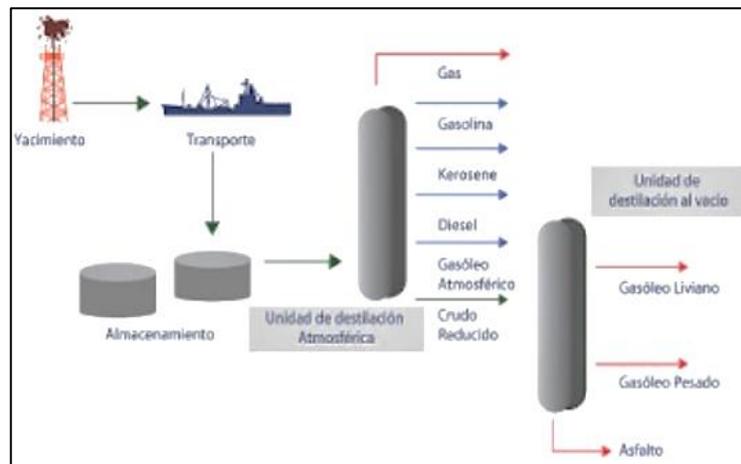
- Diseñar la mezcla asfáltica, adicionando cenizas de cascarilla de oryza sativa Chiclayo – Lambayeque.

#### **Objetivos Específicos**

- Realizar la caracterización física de los agregados a utilizar en el diseño de mezcla asfáltica caliente.
- Determinar la caracterización física y química de las cenizas de cascarilla de Oryza sativa optimas.
- Realizar la caracterización física y mecánica del diseño de mezcla asfáltica caliente patrón. En un 4.5%, 5% 5.5% y 6% de asfalto. Usando la metodología Marshall.
- Evaluar la caracterización física y mecánica de mezcla asfáltica caliente patrón adicionando ceniza de cascarilla de Oryza sativa en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%. En reemplazó de filler (Cemento) como relleno mineral.
- Determinar la dosificación ideal de incorporación de cenizas de cascarilla de oryza sativa a la mezcla asfáltica en caliente.

## 1.5. Teorías Relacionadas al tema

### Asfalto



**Fig. 1. Cemento Asfáltico**

Nota: En esta imagen Adatao [8], describe el proceso para la obtención del cemento asfáltico.

Se identifica como un material de color negro de aspecto bituminoso, que está compuesta por aceites, asfáltenos y resinas, cuyos elementos le dan ductilidad, consistencia y aglutinación; tiene una forma semisólido y también sólido, que presenta cementantes en una temperatura normal del ambiente, pero puede resaltar que sí, estas se exponen a temperaturas altas y estas cuando están en su punto se le agrega agua, este suele cambiar de consistencia. [27].

Castañeda [28], el asfalto, pierde su propiedad de ser elástica, convirtiéndose en duro, por el cambio del medio ambiente, es decir cuando este se expone en contacto con el oxígeno.

Los materiales asfálticos, son utilizados en la creación de estabilizaciones, morteros, carpetas y riegos, o también, en unir o ligar capas de pavimentación, para construir drenajes, impermeabilizar o fabricar estructuras, entre otras. [27]

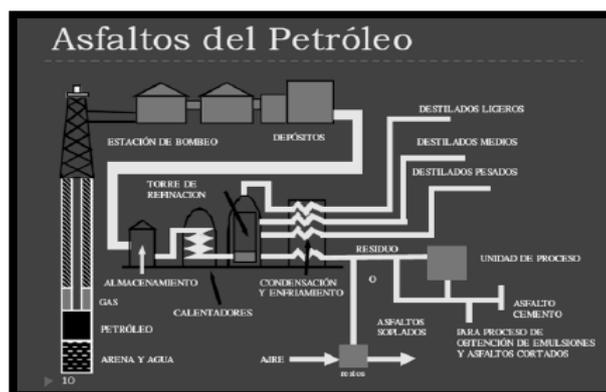
Hoy en día los asfaltos más utilizados están derivados del petróleo, estos tienen las características de ablandarse hasta convertirse en líquida al interactuar con el calentamiento

de la misma; este tipo de asfalto presenta una durabilidad semejante al natural, con diversas ventajas dado que puede acondicionarse a un estado más uniforme. [27].

### Método de fabricación del asfalto

Esto proviene del petróleo crudo, en otras palabras, también se le conoce como, bitumen, si se desea rendimientos altos de asfalto, solo es recomendable una destilación al vacío, en el caso de un rendimiento menor o promedio, el proceso anterior de realizará en dos etapas, uno con la presión atmosférica y el otro al vacío. Si se desea crudos de rendimiento bajo, requerirá un tratamiento más a la anterior, que es la etapa de la extracción [8].

Para el proceso del crudo se necesita exclusivamente que este se someta a un aproximado de 343 °C de temperatura, vaporizándose parcialmente sus componentes. Luego, de esto se traslada a un espacio para la destilación, por paso siguiente este pasa al enfriamiento para la condensación, el componente que se presenta intermedio se trata con el fin de sacar el diésel y el kerosene, el restante es colocado en la destilación al vacío para producir el aceite pesado. Estos pasan a temperaturas bajas para prever el rompimiento del cemento [8].



**Fig. 2.** Proceso de Obtención de Asfalto

Nota: Adauto [8]. Se describe en esta imagen el proceso de refinación del petróleo, para la obtención del asfalto.

## Composición del Asfalto

Adauto [8] expresa que el betún o también llamado cemento asfáltico es un derivado del petróleo de gran peso molecular. Además, poseen elementos químicos en su composición como el azufre, nitrógeno, oxígeno, vanadio, magnesio, níquel, calcio y hierro. Adicional a ello presenta una gran cantidad de hidrocarburos.

## Composición Química

Adauto [8] manifiesta que los cementos asfálticos provenientes del petróleo, componen de un 5% a 10% en heteroátomos y en un 90% a 95% en hidrocarburos. En los análisis que se les realizaron a los cementos asfálticos que provienen de las diferentes variedades del petróleo, mostraron los componentes químicos de acuerdo a la Tabla siguiente:

**Tabla I**

Composición química del Cemento Asfáltico

Composición Química Del Cemento Asfáltico	
Carbono	82% - 88%
Hidrogeno	8%-11%
Azufre	0%-6%
Carbono	82%-88%
Oxigeno	0%-1.5%
Nitrógeno	0% a 1.5%

Nota: En esta tabla tomado de Adauto [8], describe los elementos químicos de los que están compuestos el cemento asfáltico

## Características Del Asfalto

**Consistencia:** se refiere a la dureza, de manera general se le considera con el concepto de viscosidad, la cual esta depende de la temperatura.

**Durabilidad:** hace referencia al periodo de tiempo que puede mantenerse y en la acción de agentes envejecedores.

**Viscosidad:** Se refiere al fluido de resistencia cuando este se expone a una fuerza, es decir, si existe viscosidad baja, este fluye con facilidad.

**Cohesión:** Se refiere a la capacidad de que este se mantenga firme, es decir que las partículas del pavimento no se distribuyan aleatoriamente.

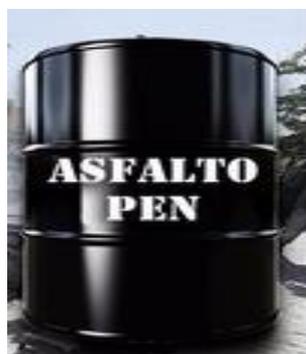
**Elasticidad:** Se refiere a la capacidad que tiene los materiales en recuperar su forma inicial cuando este se le aplica o modifica la carga.

## **Tipos de Asfalto y Usos**

### **Cemento asfáltico**

Es proveniente de refinación del petróleo, por lo que se constituye por hidrocarburos pesados en su mayor parte y otros componentes químicos, presentando una coloración pardo oscura o negra, que cuando se calienta se suaviza gradualmente. [29]

Para seleccionar tipos de cementos asfálticos, influirá el clima y la zonas donde se trabajaran estos, que al ser calentados a temperaturas menores a  $175^{\circ}\text{C}$  , no deberían presentar espumas, debiendo estar sin contacto con el agua ya que esto afectará la adherencia de los agregados y la relación polvo asfalto, pudiendo modificarse con aditivos, se deberá realizarse antes de utilizar el cemento asfáltico los ensayos pertinentes de acuerdo a las normativas preestablecidas como la MTC EG-2013 que se encuentra con vigencia actualmente en el Perú.



**Fig. 3.** Cemento Asfáltico "PEN"

**Tabla II**

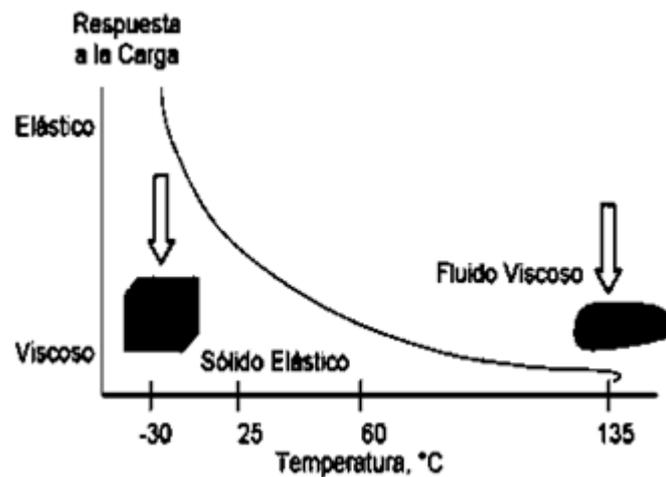
Temperatura de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50	60-70	85-100	Asfalto modificado
60-70 o modificada		120-150	

Nota: En esta tabla tomado de MTC EG [30], nos describe las diferentes temperaturas y el grado de asfalto con el que se puede trabajar una mezcla asfáltica.

### Comportamiento del cemento Asfáltico

Es un material, termoplástico ya que repele al agua, además posee suficiente ductilidad a temperaturas bajas, siendo altamente elástico a temperaturas altas, posee buena cohesión y adhesión, también presenta una resistencia altamente al envejecimiento. A continuación, en la ilustración 4; se muestra el comportamiento visco elástico del cemento asfáltico. [29].



**Fig. 4.** Comportamiento visco elástico del cemento asfáltico

Nota: En esta imagen se describe mediante la gráfica una curva de formas descendente, describiendo la viscoelasticidad del cemento asfáltico de acuerdo a las diferentes temperaturas [29].

## Emulsiones asfálticas



**Fig. 5.** Suministro e Instalación de emulsión asfáltica

Nota: En esta imagen se aprecia el riego de emulsión asfáltica previa instalación para la carpeta de asfalto [29].

Las emulsiones asfálticas actúan como un estabilizador de bases. Estando compuesto por micro dispersiones de asfalto en contacto con el agua y adicionándole un emulsificador. [29].

Estas emulsiones de asfalto permiten una mejor trabajabilidad para cada aplicación, cambiando su consistencia y pueden utilizarse a temperaturas de ambiente, sin la necesidad de calentar a temperaturas elevadas. siendo de manera rutinaria en las mezclas asfálticas convencionales. [29].

Las ventajas principales por las que se caracteriza la emulsión asfáltica, es el bajo costo para el mantenimiento y elaboración de los caminos carrozables, trochas, etc. debido a su temperatura menor se presenta un ahorro de energía considerable, las emulsiones son de un espesor menor que los de la mezcla asfáltica convencional, generando ahorro en uso de material, como en el tiempo de ejecución. [29].

Se cuenta con los siguientes usos para la emulsión asfáltica:

- Riegos de Liga.
- Riegos de Imprimación.
- Slurry Seal.

- Estabilización de suelos con emulsiones asfálticas.
- Construcciones en frío de bajas temperaturas.

### **Asfalto Líquido**

Procede del petróleo que es obtenido mediante un proceso de licuado al que se le añade un diluyente. Siendo volátil y vaporizándose cuando se encuentra expuesto [31].

Los asfaltos disueltos que son de menor densidad, se utilizan en territorios y zonas de temperaturas bajas [32].

Los asfaltos líquidos más comunes son:

**Asfalto líquido RC-250:** También se llama ASFALTO LIQUIDO DE CURADO RAPIDO (RC), es una mezcla de ASFALTO DE PENETRACION con un destilado de petróleo muy volátil, del tipo de gasolina, que imparten a los asfaltos diluidos sus distintos tiempos de corte o curado. Son productos a temperaturas de ambiente, aplicándose en frío. Siendo la viscosidad cinemática permisible 60°C o 144°F, dependiendo del tipo de asfalto, la volatilidad del solvente y de los componentes químicos en su debida proporción por lo que se ha demostrado con resultados favorables. [29].

Usos:

- Elaboración de mezcla asfáltica a temperatura de ambiente para pavimentación
- Riego en base del pavimento como imprimación para el Sellado antes de la instalación de la capa de asfalto.
- Estabilización de suelos en sub bases y bases granulares del pavimento.
- Lechadas asfálticas.

**Asfalto líquido MC-30 y MC-70:** conocido como ASFALTO LIQUIDO DE CURADO MEDIO, son productos líquidos a temperaturas de ambiente, siendo su aplicación en frío, procedente de los derivados del petróleo, estando constituido por la combinación de solvente de hidrocarbonado y cemento asfáltico, la destilación de los asfaltos determina sus tiempos

de curado, siendo los asfaltos cuyo fluidificante es el kerosene, se les considera MC (Medium Curing) y se trabajan en frío, son recomendados mostrando resultados beneficiosos. [29]

### **Agregados Pétreos**

Son materiales minerales que representan una gran parte de la mezcla asfáltica, puesto que, si el contenido de cemento asfáltico es del 5%, los agregados pétreos comprenderían un 95% del peso restante, la calidad de estos son de suma importancia dado que deberán cumplir con la calidad y los parámetros de diseño, asimismo, la estructura que poseen estos agregados es capaces de soportar cargas a las que son sujetas estos tipos de estructuras. tal es el caso de los agregados obtenidos de un proceso de trituración, presentara mayor desempeño en las mezclas asfálticas debido a su angularidad y mejor adherencia con el cemento asfáltico que las que se obtienen de río, ya que presenten formas redondeadas, dejando mayores espacios y no compactándose bien en la construcción de pavimentos flexibles.

#### **Agregado Pétreo:**

Son materiales en forma sólida granulares e inertes que se le puede adicionar elementos activos con granulometrías adecuadas; en definitiva, estas son utilizadas para fabricar productos artificiales resistentes, con ligantes asfálticos y materiales que se mezclan de activación hidráulica (cales, cementos, etc.) [33].

Tipos de Agregados:

Se puede describir de acuerdo a la técnica y la procedencia de su tratamiento, de manera general pueden ser las siguientes: [25]

**Agregados Naturales:** No se manipula poco o nada, y son utilizados de forma natural.

**Agregados de Trituración:** En este caso, se utilizan las rocas de las canteras o también los agregados naturales desechos y de rechazo, están deben de tener propiedades físicas adecuadas.

**Agregados Artificiales:** En este aspecto se utilizan materiales de desperdicios, entre estos, los procedentes de recicladores, demoliciones, o materiales utilizables que son desechados por los procesos de la industria.

**Agregados Marginales:** En este aspecto, se agrega a todos los materiales que no están registrados ni presentan requerimientos vigentes. Las consideraciones sobre la utilización de los agregados son los aspectos fundamentales que se debe de considerar para usar los agregados de la mejor manera para la construcción [33].

### **Naturaleza e identificación**

Se debe de evaluar la procedencia (natural) de los componentes de los agregados, como la porosidad, los minerales, las propiedades químicas, sin dejar delado el grado de alteración.

### **Propiedades geométricas**

Se debe de evaluar la distribución granulométrica, es decir la angulosidad y estructura.

### **Propiedades mecánicas**

Se evalúan los parámetros principales como la resistencia al pulimiento y al desgaste.

### **Falta de impurezas**

Se debe evaluar las impurezas, que afecten en el desarrollo de las capas, pues si estas presentan suciedad es posible que estas puedan provocar degradación en el transcurso del tiempo, y afecte su durabilidad.

### **Inalterabilidad**

Se debe de emplear materiales evolutivos, con especial cuidado y precaución con el fin de evitar posibles alteraciones en el tiempo de vida estimada para las capas.

## **Aglutinante**

Se debe de emplear activantes en cualquier situación de comportamiento anómalo, garantizando el comportamiento y desempeño de los agregados.

## **Agregado Grueso**

Para este aspecto, la mezcla bituminosa debe ser considerado de la parte natural, es decir, que la aplicación de la capa el material no se debe de añadir algún componente extra, para que este no se disuelva o se desprenda con el transcurso del tiempo, en caso que la situación lo amerita será necesario que se pueda aplicar algún aditivo, la porción debe de ser como esta estipulada en la Malla N°4. [28]

Según el SUCS, refiere que, a este tipo de agregado, se le considera al total de agregado que suele quedar retenido en el tamiz N°4 [33].

## **Propiedades y Características del agregado grueso para mezcla asfáltica**

### **Granulometría**

Se refiere a las características físicas principalmente a los esqueletos minerales, que forman un foco de resistencia mecánica, la mayor parte de los casos, se utilizaron granulometrías continuas, es decir, un conjunto de granulometrías sensibles, y también discontinuas, con proporciones uniformes, que deben ser adecuadas, pues estas se evalúan y analizan siguiendo los procedimientos de suelos y por tamizados.

Algunas de las características más importantes y que mejor trascienden en la práctica es el mástico que está formado de la unión que se realiza entre el ligante asfáltico y el polvo mineral, sin embargo, las limitaciones vienen dadas por la influencia de las finas partículas [33].

### **Rozamiento interno**

La fricción o rozamiento interno de un revestimiento depende exclusivamente de la resistencia o capacidad que esta posea, es decir, el esqueleto mineral proporciona eventos

ligeramente conglomerante o ligante, que puede aumentar de acuerdo a las partículas siguiendo su textura y su agregado, ya que estos dependen de que porcentajes de huecos puede impartir en el material compacto. En otras palabras, a mayor densidad existirá mayor resistencia mecánica, por estas razones la cohesión del material debe de ser primordialmente ligante asfáltico o conglomerante, con una fracción fina de plasticidad, esto cuando se trate de capas granulares, donde exista bajo índice de tráfico [33].

### **Angulosidad del agregado grueso**

Esto tiene el propósito de beneficiar al esqueleto mineral, pero siempre esté ligado o dependiendo de las condiciones de tráfico, dado a estas circunstancias el pavimento debe ser desarrollado bien con aumento o disminución de angulosidad, para la resistencia o durabilidad, con este fin el uso de partículas gruesas pueden ser medidas para que este permanezca en su lugar y no sea desplazado [33].

### **Forma del agregado grueso**

Estas varían de acuerdo con el tráfico, lo ideal es que estas tengan forma de cuboides, ya que esta forma tiene menos probabilidad de que se quiebre por la carga del tráfico, sin embargo, si las cargas son menores se puede utilizar otras formas de partículas, las alargadas, planas, y las de forma de lajas [33].

### **Resistencia a la fragmentación**

Al entrar al servicio a la población el pavimento debe de cumplir con los criterios de resistencia y durabilidad en la utilización por esto la mezcla asfáltica debe de resistir a la fragmentación o al desgaste [33].

### **Adhesividad del agregado grueso.**

En este caso, se toma en cuenta, la comprobación de los requerimientos siguientes [33].

## **Agregado Fino**

Esto se registra en la Malla N°4, para esto se utiliza la arena en su forma natural y/o materiales obtenidos cuando se tritura de la escoria, grava, piedra, o la combinación de estos. En definitiva, estos deben de estar en perfectas condiciones de ser utilizadas, deben de ser materiales compactas, limpias, carentes de grumos de arcilla, con una superficie rugosa moderada angular. Sin embargo, esto no son muy utilizados en capas para tendencia de tráfico. [28]

Para determinar la angularidad en el agregado fino se emplea un procedimiento distinto a los empleados para los demás agregados, que consiste en dejar caer el material dentro de un embudo a cierta altura para luego enrasarlo y determinar su peso, donde el contenido de vacíos estará fuertemente relacionado con la angularidad, dado que, si la muestra presenta un mayor o menor contenido de vacíos habrá una mayor o menor angularidad, representando los materiales procedentes de la trituración las que poseen una mayor angularidad, mientras que los materiales redondeados como los de río presentan menor angulosidad.

## **Propiedades y Características en el agregado fino para mezclas asfálticas**

### **Origen del agregado fino**

Debe de proceder de la grava natural en su mayoría, o de la piedra de canteras, mayormente de los yacimientos naturales. De manera general para las mezclas de este tipo, se utiliza arena natural [33].

### **Limpieza de los agregados finos**

Este tipo de agregado debe estar limpio exento de arcilla, de marga, vegetal u otros materiales extraños, con el fin de evitar comportamientos anómalos dentro de la mezcla, como pueden ser la baja estabilidad de las mezclas, las reacciones químicas [33].

### **Resistencia a la fragmentación del agregado fino**

Debe de cumplir las mismas exigencias del agregado grueso, por lo que se recomienda que el agregado a utilizar debe de presentar características que mejore especialmente en la adhesividad [33].

### **Resistencia a la fragmentación del agregado fino**

Para esto el principal detalle, que se tiene que considerar que puede haber reacciones adversas con la interacción de las acciones químicas o químico – físicos, pues esto son muy complejo. Dado que estos tienden acumular humedad y gran heterogeneidad [33].

### **Relleno mineral (Filler)**

Actualmente al relleno Filler, se le considera un material no inerte rellenor, causando efecto a través de su desempeño en la modificación de ligante asfáltico, y dado que forma parte del sistema de agregados del asfalto. [8]

Según el SUCS, se refiere al polvo mineral que se le agrega al pétreo total que se considera como el tamiz nº200, que es comercializado como un cemento normal o como polvo calizo, que este sujeto a la utilización de las mezclas asfálticas, por estas razones el producto ya se le conoce sus propiedades químicas como físicas, y su comportamiento futuro en la mezcla. [25]

Sin embargo, para la recuperación no se conoce sus componentes y tampoco su estilo, esto pasa cuando se ha utilizado el filler, si al pasar el tiempo estas pueden variar o no, pero presenta como función principal, el actuar como rellenor o llenante, las cuales pueden ser obtenidas de las plantas asfálticas, además cabe resaltar que estos pueden modificar la consistencia del asfalto, y también sus propiedades. [25]

### **Importancia y beneficio de la Utilización del Filler como relleno mineral**

- Rellena los espacios vacíos, con la finalidad de que este se disminuya entre los agregados, permitiendo una ajustada distribución uniforme, con el graduado y las partículas [8]

- Aumentar la resistencia, con el debido tratamiento de la viscosidad del asfalto, es decir, cuando estos se mezclan la viscosidad es alta y esto permite que la resistencia sea mayor frente a la deformación [8].
- Aumentar la durabilidad, eso se realiza dado que el filler participa como relleno de vacíos, disminuyendo la porosidad, para que no ingresen los agentes agresivos (aire, agua) [8].

### **Características del Filler**

Según Varela [25] son las siguientes:

#### **Finura**

Dado que este reduce los volúmenes y espacios vacíos, las partículas son de pequeñas cantidades, es decir que, la densidad del polvo es relativamente fina, esto corresponde a una cualidad imprescindible de las características de las mezclas finales, de manera general este polvo parece comprendida entre 0,5 a 0.8 g/cm<sup>3</sup> [25].

#### **Variación del comportamiento reológico.**

Cuando se emplea el polvo, este tiene como función incrementar la resistencia ante cualquier acontecimiento de deformación de la mezcla, esto sin dañar el ligante de su viscosidad natural. [25].

#### **Acción estabilizante frente al agua.**

Mejora la resistencia del asfaltado frente a situaciones de desplazamiento que pueda ejercer el agua en ello, es decir, genera estabilizante frente al acceso que pueda surgir con el agua hacia el interior, dado que el polvo no puede apartarse del contenido, sino que ayuda a que sea impenetrable respecto al agua. [25]

#### **Procedencia del polvo mineral**

De los productos comerciales especialmente preparados, de los ciclos de una fábrica, de la separación de los agregados. [25]

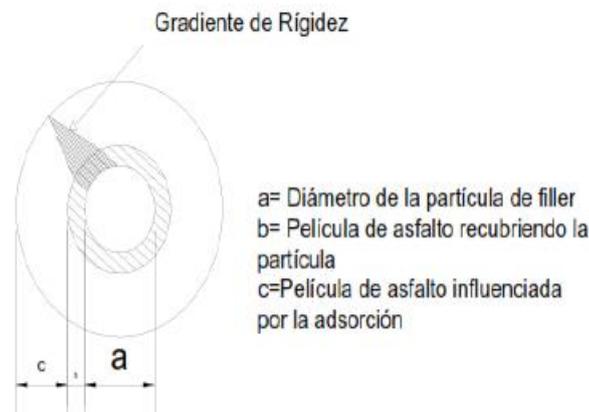
La utilización debe ser a proporciones descritas por las normas de asfaltado, con el fin de que estas tengan rendimientos y resultados óptimos. [25]

El polvo mineral debe de contener como máximo el 2% de la masa de la mezcla, en el caso cumpla con todas las especificaciones, este puede ser bajado por consideraciones del encargado. [25].

### Interacción filler – asfalto

Según la teoría de Tunnicliff en el año 1953, donde explica la interacción del asfalto con las partículas de filler, menciona que, estas partículas influyen en la matriz del asfaltado dado en dos mecanismos.

La primera, es considerado como el Volumen de asfalto influenciado, dado que este se consume cuando cubre la partícula en el vacío y no es incluido en la mezcla. La segunda, esta si se incluye en la mezcla, dando un adiconamiento en el volumen del asfalto.



**Fig. 6.** Interacción Asfalto-Filler

Nota: En esta imagen Valera [25]. se observa que el filler refleja un incremento a la resistencia de la capa segunda, lo cual no fue absorbida, y en cambio, la resistencia disminuye gradualmente, cuando el espesor de la capa ya está a punto de desaparecer. De manera general, se muestra que las fracciones (a, b y c), las cuales fueron consideradas como la unidad que se incluyó en la matriz de asfalto, Dado que aumentan la resistencia.

En definitiva, se puede expresar que la teoría de Tunnicliff, donde establece la interacción de asfalto y el filler, mejora la estructura haciendo más efectivo los rellenos de los vacíos. [25].

### **Tipos de filler**

Según Valera [25], en los Manuales de Carretera; los filler más usados son:

#### **Cal Hidratada**

Está compuesto por Oxido de magnesio ( $MgO$ ) e Hidróxido de magnesio ( $Mg(OH)_2$ ), e Hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ ), además incluida la cal viva, este se utiliza mayormente para estabilizar, dado que por razones ecológicas es una de las que ofrece peligro en menor porcentaje, y poder ser transportado utilizable y manejable de una manera más segura. [25].

#### **Cemento Portland**

Se le conoce como cemento hidráulico, dado que, si estos se mezclan con componentes como las fibras de acero, los áridos y el agua, estos conforman una masa pétreo muy resistente y duradera, que se le suele llamar hormigón, en las construcciones civiles son los más utilizados, y una de sus principales facilidades es que estas se pueden fraguar y endurecer en la presencia de las aguas. [25]

#### **Ceniza de Oryza Sativa como Filler o Relleno mineral (Cáscara del Arroz).**

Este componente es más utilizado como aislante térmico, pues proviene del tejido vegetal del arroz (la cáscara), que está constituido por sílice y celulosa. [34]

Después de ser calcinadas las cáscaras estas pueden tener las siguientes propiedades de minerales.

**Tabla III**

Componentes Químicos De la ceniza de oryza sativa (arroz)

Elementos químicos	Porcentaje presente en la oryza sativa
SiO <sub>2</sub>	94.10%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30%
CaO	0.55%
MgO	0.95%
K <sub>2</sub> O	2.10%
Na <sub>2</sub> O	0.11%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41%
SO <sub>3</sub>	0.06%

Nota: En esta tabla tomada de López [34], describe los elementos químicos de la ceniza de oryza sativa que realizo en su investigación.

#### **Actividad puzolánica de la ceniza de Oryza sativa**

Según lo que menciona la doctora Luxán en el año 2019, esta actividad se lleva a cabo por numerosos trabajos, donde se utilizan diversos métodos de evaluación, la más conocida y principal la reacción de cal pagado, para que estas realicen trabajos más óptimos en el desarrollo del asfalto [34].

#### **Ceniza de cascarilla de oryza sativa**

##### **Cascarilla de oryza sativa (Arroz)**

###### **Descripción**

La cascarilla de oryza sativa (arroz), proviene del proceso de pilado de arroz, para lo cual se separa entre rodillos de jebe el grano de arroz y por ende la cascarilla, previamente después de una adecuada limpieza.

La cascarilla de oryza sativa, presenta una superficie áspera y abrasiva, siendo resistente a las degradaciones naturales, no siendo utilizada para el forraje de animales debido a su mínimo contenido en proteínas, siendo esto desfavorable de manera económica ya que no se podría utilizar para ese fin.

### **Ceniza de cascarilla de oryza sativa (Arroz).**

Siendo un residuo producto de la incineración y calcinado de la cascarilla de oryza sativa, siendo la temperatura de quemado que juega un rol importante para que mantenga sus propiedades puzolancas [35].

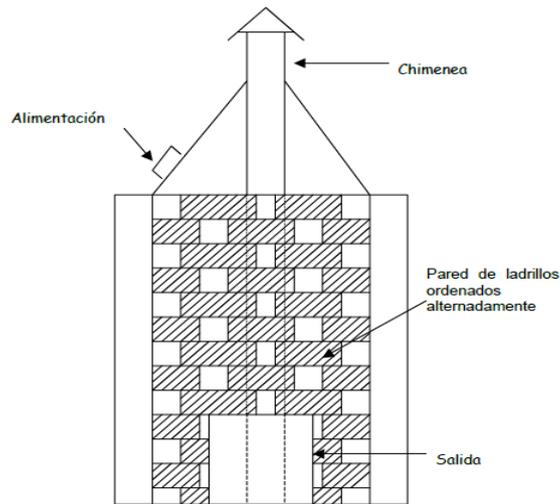
En el proceso de calcinación se tiene que controlar las temperaturas de incineración. Debido a que se incinera a temperaturas bajas, la cascarilla de oryza sativa, mantendría aun su composición orgánica y está a la vez no se eliminará en su totalidad, quedando cantidades considerables de carbón, presentando impurezas en la ceniza, siendo todo lo contrario si las temperaturas son muy elevadas, aumenta el riesgo de cristalización ocasionando pérdida del contenido de sílice, llegando e incluso a convertirla en totalmente inerte e inservible para los fines que se desean, como buscar una alternativa de material puzolánico [35].

La ceniza de cascarilla de oryza sativa (arroz), se obtiene por distintos medios de calcinación.

- A campo abierto
- En Hornos Artesanales e industriales
- Lecho fluido.

### **Calcinación en hornos (circulares o cuadrados)**

En los países de Nepal, India y Pakistán se han utilizado técnicas en plantas pilotos e industriales, que consisten en la elaboración de hornos con muros de ladrillos ubicados alternadamente de manera que el ingreso del aire vaya hacia el interior. este horno tiene una chimenea que se extiende hasta su base, está hecha de una malla de alambre fino que da paso al aire y detiene el ingreso de ceniza, por otro lado, el interior está cubierto sus paredes por mallas de alambre cuyo objetivo es retener la cascara, que es cargada por la parte superior, dejando este tipo de calcinación cenizas de color blanco con alta presencia de cristalización.



**Fig. 7.** Hornos artesanales para calcinación

Nota: Tomado de Manizales [36], en esta imagen representa un horno artesanal compuesto por ladrillos y una chimenea.

### **Procedimiento para obtener la ceniza de la cascara de oryza sativa(arroz).**

#### **Cáscara de arroz**

Previo a los ensayos se uniformiza la muestra realizando un cuarteo. Determinando el contenido de humedad de la cascara de arroz, secándose a una temperatura de 80°C.

#### **Obtención de la puzolana artificial**

La puzolana de cascara de arroz se obtuvo de una manera artificial mediante una calcinación controlada, en la cual se consideró el tiempo y temperatura de calcinación, así como las dimensiones de las partículas.

#### **Calcinación**

La calcinación se efectúa a unas temperaturas que varían desde 400°C a 900°C, en este proceso se pudo observar que el color de las cenizas cambia de acuerdo a las temperaturas.

## Composición Química

Se incinero la C.C.A, teniendo como finalidad adicionar a una mezcla asfáltica en un 11% en la zona norte del Perú exactamente en la ciudad de Chimbote se realizó mencionada investigación. Quemándose a una temperatura controlada de 410°C y en un tiempo de 1 hora, detallándose en la tabla 4.

**Tabla IV**

Composición de la muestra de ceniza de cáscara de arroz en % a temperatura de 410°C

Óxido	Masa (%)	Normalizado (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.884	1.782
SiO <sub>2</sub>	97.088	91.855
SO <sub>2</sub>	0.349	0.33
ClO <sub>2</sub>	1.007	0.953
K <sub>2</sub> O	3.959	3.745
CaO	0.941	0.891
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.003
MgO	0.211	0.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.208	0.197
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.001	0.001
CuO	0	0.005
ZnO	0.025	0.023
AS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.005
Total	105.697	100

Nota: Tomado de López [34]. en esta tabla se describe sus porcentajes de cada elemento químico en la C.C.A. incinerada a temperatura de 410°C.

Se tuvo en consideración que la ceniza de cascarilla de arroz, a altas temperaturas comienza a perder actividad puzolánica, como perdida de sílice, se corrobora por medio de un trabajo de investigación de la UCV en la ciudad de Tarapoto denominada como "Diseño de pavimento flexible, utilizando ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar la infraestructura vial". Está ceniza de cascarilla de arroz fue calcinada a una temperatura controlada de 910°C, perdiendo contenido de propiedades químicas [23].

**Tabla V**

Elementos químicos en ceniza de cascarilla de oryza sativa en % a temperatura de 910°C

Descripción	Ceniza de cascarilla de Arroz	Metodología
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	Espectrometría
CaO	1.24	Espectrometría
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85	Espectrometría
Humedad %	9.21	Espectrometría
MgO	0.43	Espectrometría
MnO	0.55	Espectrometría
Pérdida al fuego	11.43	Termogravimetría
K <sub>2</sub> O	1.825	Espectrometría
Na <sub>2</sub> O	0.3	Espectrometría
SiO <sub>2</sub>	79.89	Espectrometría
SO <sub>3</sub>	0.3	Espectrometría
SiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NP	Espectrometría
Ti <sub>2</sub> O	Trazas	Espectrometría
ZnO	0.04	Espectrometría

Nota: Tomado de Mondragón y Sevillano [23], en esta tabla se describen la Composición de elementos químicos en la ceniza de cascarilla de oryza sativa o cascara de arroz en % a temperatura de 910°C

### **Mezclas asfálticas**

#### **Mezcla Asfáltica**

Son capas de rodadura que proporcionan a los vehículos y a los usuarios mejores tránsitos o circulación segura, estos presentan dos principales aspectos en su diseño [24].

Función: Se refiere al espesor de la capa y la resistencia de los materiales que se emplean en la construcción.

Finalidad. Debe de presentar un acabado y textura que mejore la seguridad y la conformidad.

## **Clasificaciones de la Mezcla Asfáltica.**

### **a. Por raciones del agregado (Pétreo)**

**Mortero asfáltico:** Se refiere a la masilla más el agregado fino.

**Concreto asfáltico:** Se refiere al cemento más el agregado grueso.

**Macadam asfáltico:** Se refiere al cemento asfáltico más el agregado grueso.

### **b. Sobre la Temperatura (Tendido)**

**Mezcla asfáltica en caliente:** Depende de la viscosidad del cemento asfáltico, la cual se elabora con agregado pétreo caliente y con asfalto, a temperaturas de entre 150°C a 180°C.

**Mezclas asfálticas templadas:** Depende del producto y la metodología en que se elabora el agregado pétreo con el asfalto, en temperaturas de entre 120°C a 130°C.

**Mezclas asfálticas en frío:** Se refiere a la mezcla que se realiza en temperatura de ambiente.

### **c. Por el Tamaño Máximo de los Agregados Pétreos**

**Mezclas asfálticas en calientes:** Es elaborado con el agregados pétreos calientes y asfalto con temperatura entre 150°C a 180°C.

**Mezclas asfálticas templadas:** Es elaborado con el agregado pétreo y el asfalto a temperaturas que se encuentran de 120°C a 130°C, pues esto depende del producto y la metodología que se esté utilizando.

**Mezclas asfálticas en frío:** Es elaborado con la emulsión asfáltica que se elabora a temperaturas ambiente.

### **d. Sobre Estructuras de los Agregados Pétreos**

**Mezclas con esqueletos minerales:** Estos presentan componentes principales para la resistencia del rozamiento interno que emergen los agregados.

**Mezclas sin esqueleto mineral:** En este aspecto la resistencia es menor dado que, depende de la cohesión del asfalto.

#### **e. Por la Granulometría**

**Mezcla continua:** Se refiere a que la cantidad que presenta el agregado pétreo está distribuida con cantidades superiores para el uso del granulométrico.

**Mezcla discontinua:** Se refiere que la cantidad que presenta el agregado pétreo es limitada para el uso del granulométrico.

#### **Propiedades en el Diseño de Mezclas**

Según el Instituto del Asfalto La calidad del pavimento, depende de la buena mezcla asfáltica que se trabaje, de manera general, las mezclas calientes presentan buena calidad dado que estas se procesan y generan ciertas características que influyen en lo siguiente: (durabilidad; flexibilidad; estabilidad, trabajabilidad; resistencia a la fatiga; impermeabilidad y resistencia al deslizamiento).

El propósito en el diseño de Mezclas es que garantice en la pavimentación, todas las propiedades mencionadas anteriormente, por lo que es de primordial conocimiento que estas propiedades, deben ser evaluadas para el rendimiento del asfalto.

#### **Estabilidad**

Se refiere a la capacidad que presenta el asfalto en resistir las deformaciones y los desplazamientos, cuando estos se someten a cargas de tránsito, de manera general se puede mencionar que el pavimento puede mantenerse lisa y en forma (estable) cuando se someten a cargas pesadas seguidas y no sufren algún daño, en cambio si estas presentan otros acontecimientos como Huellas (canales), ondulaciones (Corrugación) se le considera como inestable.

La estabilidad debe de presentar especificaciones adecuadas dado que estos provocan rigidez y menos durabilidad, ni muy poco a lo esperado, pues esto puede provocar inestabilidad.

La estabilidad, de manera particular depende exclusivamente de la cohesión interna y la fricción, por lo que, deben de presentar características de textura y forma superficial, además agregados de manera adecuada para no obtener desplazamientos de las partículas cuando estos se sometan a la fuerza del tráfico.

En definitiva, para que la estabilidad de la mezcla sea más alta, estos deben de presentar características de textura superficial ásperas con agregados de forma angular.

Sin embargo, en el caso que no se presenten altas fricciones es posible utilizar mezclas que sean más económicas (con menos valores de fricción interna).

Cabe resaltar, que la cohesión presenta aumentos cuando estos son sometidos a frecuencias de tráfico (carga) elevada, también cuando la viscosidad aumenta del asfalto, o puede ser cuando esta baja a temperaturas no permitidas.

**Tabla VI**

Fallas por su inestabilidad en el pavimento

ORIGEN	FALLAS
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamiento y afloramiento o exudación
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente, durante un cierto tiempo; dificultad para la compactación
Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas	Ahuellamiento y canalización

Nota: Tomado de Asphalt Institute [37]. en esta tabla se menciona en los orígenes y consecuencias de las fallas por la inestabilidad en el pavimento.

### **Durabilidad**

Se refiere a la habilidad que presenta el pavimento cuando este se expone a las acciones de tránsito, del clima o de una combinación de ambos, y este debe de resistir a tales

factores, sin que produzcan separación de las partículas del asfalto, cambios de propiedades como (Oxidación y polimerización) o la desintegración del agregado.

De manera general, la durabilidad, puede ser graduado por mejorar sus formas de mezcla, las cuales pueden tomarse en cuenta los siguiente: Usar un graduado denso de agregado, que permita ser resistente para la separación, usar mayor cantidad de asfalto, compactando y diseñando la mezcla con el fin de que este tenga máxima impermeabilidad.

La durabilidad aumenta cuando este presenta mayor cantidad de asfalto, y también se debe de considerar partículas gruesas dado que este tienen a durar más, conservando sus características originales, además, se conoce que cuando existe máximo contenido el sellado es más eficaz, esto hace que la penetración sea difícil para el agua y el aire, pero también es prevenible dejar cierto porcentaje de vacíos, para que estos no sean afectados en tiempo cálidos, en definitiva la durabilidad del pavimento, se constituye por la graduación densa del agregado para que este sea duro y firme, esto dependiendo al clima que esto se someta. Es decir, si el clima es cálido existen formas para mejorar las condiciones aplicando compuestos conos rellenos de cal hidratada o adhesivos.

Si los pavimentos presentan deficiencia las cuales pueden ser introducido por el agua y el aire, el impacto en el pavimento será desfavorables.

**Tabla VII**

Fallas por baja durabilidad

ORIGEN	FALLAS
Disminución en el rendimiento de asfalto.	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por pérdida de agregado.
Incremento del contenido de vacíos, por un mal diseño y la no compactación adecuada.	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración.

Por el Agregados susceptible al agua (hidrofílicos)

partículas de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado, o desintegrado.

Nota: Tomado de Asphalt Institute [37]. está tabla muestra el origen y fallas ocasionadas por la baja durabilidad

### Impermeabilidad

Se refiere a la resistencia que puede presentar el pavimento al paso hacia su interior del agua y el aire, por estas razones, la impermeabilidad presenta características que están muy ligadas a los vacíos de la mezcla compacta, para esto es fundamental conocer la cantidad de vacíos en su manera natural. Con el fin de que estos sean medibles, a través del tamaño y la cantidad de acceso que estos permiten a las superficies del pavimento.

También, se le conoce como el grado de permeabilidad, este siempre es aceptable cuando se encuentra entre los límites específicos expuestos por las normas, cabe resaltar que toda mezcla asfáltica que se utiliza en las construcciones presenta cierto grado de permeabilidad.

**Tabla VIII**

Fallas por permeabilidad

ORIGEN	FALLAS
Bajo contenido de asfalto	Las partículas delgadas causan un envejecimiento temprano de la carpeta asfáltica y la desintegración de las mezclas asfálticas
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire entran con facilidad en la carpeta de rodadura en el pavimento ocasionando oxidación y desintegración en la mezcla.
Compactación inadecuada	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a la infiltración de agua y baja estabilidad.

Nota: Tomado de Asphalt Institute [37]. en esta tabla describe el Origen y las fallas ocasionadas por permeabilidad.

## **Trabajabilidad**

facilidad que se presenta cuando la mezcla es compactado y colocada para la pavimentación, en el día a día se pueden presentar situaciones en las cuales no sean favorables o buenas de trabajabilidad, estas pueden mejorarse modificando ciertos parámetros. Entre estos podemos mencionar a las mezclas gruesas, que, en su mayoría por su cantidad de agregado grueso, tienden hacer difíciles la compactación dado que están se segregan con el tiempo de manejo, y para que esto sea trabajable, en algunos aspectos es de gran ayuda el agregar agregados finos, pero se debe de tener en cuenta que la nueva mezcla cumpla con los criterios del diseño, entre estos la estabilidad y el contenido de vacío.

Por otro lado, si se extiende en agregar contenidos altos para rellenos es posible que estos dificulten la trabajabilidad, ya que la mezcla es posible que sea muy viscosa, y esto puede impedir en la compactación.

La trabajabilidad es de gran importancia ya que en las ocasiones donde se requiere trabajar con rastrillos a mano, en curvas pronunciadas, en alcantarillados, y otros obstáculos, las mezclas usadas deben de ser trabajables.

En otras palabras, a las mezclas que son trabajables, presenta peculiar característica, como, por ejemplo, demasiado inestables, son producto de falta de relleno mineral, la arena en gran parte es de tamaño mediano, con partículas redondas húmedas y lisas.

De manera general, se puede mencionar que las principales causas que se presentan en la trabajabilidad, son debido a la temperatura, dado que este es un factor muy fundamental, puesto que está sujeto a que la viscosidad sea trabajable o no, haciéndola muy viscosa (con temperatura bajas) y muy tiernas (con temperaturas altas).

**Tabla IX**

Fallas por baja trabajabilidad

ORIGEN	FALLAS
Grande partícula (tamaño máximo)	Superficie áspera, difícil de colocar.
Mucho agregado grueso	Puede ser difícil de compactar
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie áspera, difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna y blanda.
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable.
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable.

Nota: Tomado de Asphalt Institute [37]. en esta tabla se describe el origen y las fallas por la falta de trabajabilidad en la mezcla asfáltica.

### **Flexibilidad**

Capacidad de acomodarse por cualquier movimiento o situación de asentamientos del pavimento a causa de las cargas o del mismo suelo, sin que este se agriete.

En algunos aspectos, los requerimientos de estabilidad se contradicen o entran en discordancia con la demanda de flexibilidad, se deben de buscar el equilibrio en la mezcla asfáltica, para sobrellevar los contenidos de asfalto que mejore todo el pavimento.

### **Resistencia a la Fatiga**

Se refiere a la resistencia que se somete el pavimento respecto a la flexión repetida del tránsito con cargas pesadas o no, de acuerdo a investigación, se ha demostrado que la viscosidad del asfalto y los vacíos entre estos, presentan efectos importantes sobre las resistencias en las fatigas. Es decir, si existe más vacíos es probable que la resistencia de un pavimento disminuya, así mismo, cuando el asfalto que se ha endurecido y envejecido, tienen menor resistencia.

Las características que deben de tener en cuenta es los siguiente: los pavimentos con espesor de gran tamaño no suelen flexionar mucho, y también los delgados y estos hacen que la capacidad de soporte sea menor y esto puede generar agrietamientos en el pavimento.

**Tabla X**

Fallas por resistencia a la fatiga

ORIGEN	FALLAS
Bajo contenido asfáltico	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Falta de compactación	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga.

Nota: Tomado de Asphalt Institute [37]. en esta tabla se muestra el origen y fallas por consecuencia de una mala resistencia a la fatiga.

### **Resistencia al Deslizamiento**

Esto se refiere a la habilidad que presenta la superficie del pavimento con relación al resbalamiento o deslizamiento que tienen las ruedas de los vehículos, esta resistencia se suele medir en terrenos húmedos en la superficie del pavimento, con una rueda normalizada a velocidades de 65 km/hr (40 mi/hr)

En definitiva, el pavimento que presente más rugosidad es la que mayormente tenga más resistencia al deslizamiento, que un pavimento liso. Para esto el pavimento debe componerse de mezclas de graduación con un aproximado de 38 pulgadas a 1/2 pulgada, de graduación abierta, y superficie áspera, las cuales deben de resistir al alisamiento, es decir, no deben permitir pulimiento bajo en tránsito.

**Tabla XI**

Fallas por Deslizamiento

Origen	Fallas
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Nota: Asphalt Institute [37], en esta tabla se detalla el origen y fallas ocasionadas por el deslizamiento

**Método Marshall**

**Método Marshall en Mezclas Asfálticas en Caliente**

**Antecedentes:**

El diseño de mezclas fue acuñado por el ingeniero investigador Bruce Marshall, sin embargo, el Army Corps of Engineers de Estados Unidos, añadió y mejoro algunas características, en la pavimentación, acuñando los ensayos de Marshall, pero cabe resaltar que, este diseño solo es aplicable en ocasiones donde el cemento asfáltico y el agregado que se va aplicar sea caliente, cuyo tamaño es como máximo una pulgada [38].

**Comportamiento y Característica de la Mezcla Asfáltica.**

La mezcla de pavimentación será elaborada y analizada en laboratorios para eso se extrae una muestra, con el fin de determinar cuál sería su desempeño en el pavimento, estas pueden tener las siguientes características:

- Densidad de la mezcla.
- Vacíos de aire, o simplemente vacíos.
- Vacíos en el agregado mineral.
- Contenido de asfalto.

## **Densidad**

Esta se define como el peso de un volumen específico de la mezcla (expresada en kilogramos por metro cúbico), de manera general la alta densidad en el pavimento ayuda a tener un rendimiento más duradero de la misma, utilizándose para evaluar si es adecuada o no pero por ocasiones estos deben de presentar puntajes que bordean el puntaje del laboratorio, para hacer aceptado

## **Vacíos de Aire**

Son definitivamente estrechos, los cuales se encuentran en los agregados de la mezcla asfáltica luego del proceso de compactación. Pero en la realidad son necesarios que exista algún porcentaje de vacíos, con el fin de que puedan fluir los asfaltos durante la compactación. Este porcentaje permitido según los patrones del laboratorio deben bordar el intervalo de 3 a 5 por ciento. Esto debe de depender de cómo está estructurado el diseño, pues en todas las ocasiones la durabilidad del pavimento depende del contenido de vacíos, y también cuando menor sea los vacíos la permeabilidad será menor. Finalmente cabe resaltar, que el contenido de vacíos y la densidad está estrechamente relacionados, es decir, cuando exista mayor densidad menor cantidad de vacíos va a existir, en los trabajos reales de acuerdo a las especificaciones los vacíos deben ser menos del 8%.

## **Vacíos en el agregado mineral (VMA)**

Se refiere al espacio entre los agregados y las mezclas compacta, incluyendo el espacio que se rellenan con asfalto (espacios de aire).

Según las especificaciones, los valores recomendados para el VMA están basadas en el tamaño del agregado, este debe de presentar un aproximado a 63 veces sobre las partículas de agregado, si el VMA es mayor la disponibilidad de las películas de asfalto será mayor, haciendo que la mezcla sea menos duradera.

Si los valores del VMA son mínimos se tiene la probabilidad de que el espesor de la película de asfalto sea más duradero. Pero si pasa lo contrario se agrega más densidad y el VMA queda por debajo de las especificaciones la probabilidad de apariencia y durabilidad será más baja.

### **Contenido de asfalto**

Los contenidos en el asfalto son obtenidos mediante criterios, mediante el diseño que se haya seleccionado, para esto, anteriormente ya se debió evaluar los componentes en los laboratorios, con el fin de que estos se implementen de la mejor manera en la obra.

Para el contenido óptimo de asfalto es necesario conocer las características de la granulometría y cuál es la capacidad que tiene referente a la absorción, es decir, que el contenido óptimo está relacionado directamente con la granulometría, pues si existe graduación fina de mezcla, esto conllevará a que exista mayor área superficial total, si ocurre lo contrario, si las mezclas son gruesas, existirá menos área superficial. y, por otro lado, el área del agregado tiene relación con el contenido óptimo del asfalto, de manera general, las pequeñas cantidades que se pueden aplicar en el relleno, hacen que la mezcla sea inestable y seca, pero resulta una mezcla muy rica (Húmeda), en definitiva, la agregación de cualquier elemento de relleno puede hacer variar las propiedades de la mezcla, lo cual debe ser ajustado de manera gradual para no conseguir problemas de eficiencia.

Se recomienda, hacer ajustes con los resultados del muestreo para que sean más apropiadas y puedan determinar cuáles pueden ser las principales variaciones en la aplicación del relleno en el diseño de la mezcla.

Con algunas referencias, se puede mencionar que la capacidad que tiene el pavimento referente a la absorción, se debe a que el contenido es óptimo en el agregado del uso de la mezcla. Existen autores que mencionan que existen dos tipos de asfalto están suelen ser:

**El contenido total de asfalto:** Esto se refiere a la cantidad o proporción que se le agrega a la mezcla con el fin de generar cualidades favorables para la misma.

**El contenido efectivo de asfalto:** Esto se refiere al volumen de asfalto, que se encuentra sobre la superficie y no fue adsorbido por el agregado, que se encuentra restando el contenido total menos el valor absorbido.

### **Metodología Marshall para el diseño de mezcla asfáltica en caliente**

Según las normas AASHTO T 245 (o ASTM D1559), mencionan que los procedimientos se basan en lo siguiente:



**Fig. 8.** Equipo para Ensayo Marshall

Nota: En esta imagen se observa la maquina del laboratorio donde se desarrollo esta investigación que somete cargas a la briqueta asfaltica por medio de la prensa marshall.

### **Características de una mezcla asfáltica empleando el método Marshall**

Lo primero que se debe de hacer es determinar las cualidades (resistencia al deslizamiento, durabilidad, estabilidad, trabajabilidad, etc.) de la mezcla en la ejecución de la pavimentación, para esto se debe de seleccionar tipos de asfalto, tipo de agregado, luego de esto se pasa hacer los ensayos, pero cabe resaltar que estos presentan un impacto directo sobre la naturaleza del área donde será pavimentado.

### **a. Selección de la muestra (Materiales)**

Como primera opción cumplir con los ensayos que se han planeado es la selección de las muestras del agregado y el asfalto, exclusivamente los que serán utilizados en la pavimentación (características semejantes), pero en este caso se debe de tener mucho cuidado dado que, de acuerdo a resultados históricos, las variaciones que se presentan en los ensayos y en la realidad son muy diferentes.

### **b. Preparación del agregado**

Esto se realiza teniendo como base los procedimientos del laboratorio, conociendo la temperatura y la viscosidad con la que se desea trabajar, con el fin de determinar e identificar de manera exacta sus características principales, de manera general estos procedimientos incluyen los siguientes pasos:

#### **Secado de los Agregados**

Según el método de Marshall, los agregados deben de estar limpios y estar libres de humedad, para esto, la muestra se prepara y se agrega a una bandeja, para luego ser calentado en un horno con una temperatura promedio de 100°C (230°F).

Luego, por un periodo de tiempo, la muestra que debe de estar caliente se pesa y se anota cual fue su valor.

Paso siguiente este mismo se calienta por segunda vez por un cierto tiempo, luego se realiza el anterior procedimiento. Eso se debe de realizar hasta obtener resultados semejantes en los procedimientos de calentado, la cual esto indicará cual es la cantidad mayor de humedad que se ha evaporado de la muestra.

#### **Análisis granulométrico por vía húmeda**

Es un procedimiento que tiene como propósito identificar como están constituidas las partículas en proporciones de tamaño del granulométrico en el agregado, esto para estipular

cuales son las proporciones que se necesitan en el agregado, y como producir la mezcla caliente final. El análisis esta referido a los pasos siguientes:

- Las muestras que van hacer utilizadas (agregados) son pesadas y secadas.
- Lo siguiente es, lavar la muestra con un tamiz de 0.075 mm, con el fin de eliminar algunos desechos no aptos en el agregado (polvos minerales).
- Estas muestras que fueron lavadas, se vuelven a secar y pesar.
- Luego el peso se registra, y también se puede comparar con los resultados anteriores para determinar cuál fue la cantidad de polvo mineral.
- Los pasos detallados se encuentran en las normas AASHTO T 11.

### **Determinación del Peso Específico**

Se refiere a la sustancia de agua en la proporción del Peso sobre el volumen de alguna unidad comparada con otra de iguales características, es decir, el calcular los pesos específicos, de un subconjunto seleccionado que fue secada, hace referencias de medidas de pesos, que son necesarios para identificar las cantidades de asfaltos y de agregados, y también lo vacíos que dé deben de utilizar en el diseño.

### **c. Elaboración de las briquetas**



**Fig. 9.** Briqueta

Nota: En esta imagen se aprecia una muestra de briqueta asfáltica .

En este aspecto, las mezclas deben de contener una ligera diferencia entre las cantidades de asfalto, este margen de las cantidades de contenido de asfalto en las muestras da ligados mayormente en la experiencia adquirida por los especialistas, en el transcurso de la mezcla de los agregados, se determina el contenido exacto de asfalto que se debe de utilizar en la mezcla final.

La preparación de las muestras debe de corresponder a los siguientes pasos:

- El agregado y el asfalto se deben de someter a temperaturas muy calientes con el fin de que las partículas se revistan.
- El resultado del calentamiento (mezclas asfálticas calientes) se organizan en moldes de los pre-calentados que van a estar preparados para hacer una compactación a cada uno de ellas, utilizando martillo, pero cabe resaltar que el martillo también debe de estar calentado.
- Estos moldes o briquetas se compactan con el martillo a golpes, con un número aproximado de (35, 50 o 75) esto va a depender de la cantidad que el pavimento va a recibir de tránsito, los golpes se realizan en ambas caras, después de completar el compacto estas se enfrían y se extraen de los moldes.

### **Ensayo Marshall (procedimiento)**

En total existen 3, que menciona Marshall, entre estas tenemos: La medición de la estabilidad Marshall, la determinación del peso específico total y finalmente el análisis de los contenidos del vacío de la probeta y sus densidades.

#### **a. Peso específico-total**

Esto se determina después de que las probetas se hayan enfriado en temperaturas de ambiente. De manera general, la medición del peso específico, trata de analizar la densidad y los vacíos. Cuyo procedimiento está basado y estipulado en las normas AASHTO T 166.

## **b. Estabilidad y fluencia Marshall**

Esto mide la resistencia del pavimento sobre las posibles causas de la deformación en la mezcla, cuyos procedimientos son los siguientes:

- En el ensayo, las probetas se calientan a temperaturas máximas que están pueden experimentar que es de 60°C, es decir, 140°F.
- Luego se aplica una carga para la deformación de la probeta con un aparato Marshall, y luego se mide el efecto.
- El estímulo aplicado (carga) debe de ser aplicada con una velocidad constante según las normas 2 pulgadas por minuto, esto se realiza hasta que la selección tenga un efecto negativo (falle).
- Finalmente, esa falla es registrada y evaluada de acuerdo al medidor de la influencia dando lugar a un valor de estabilidad Marshall.

### **Valor de estabilidad Marshall**

Es una medida que se obtiene después de la aplicación de un estímulo (carga) la cual puede tener resultados positivos o negativos, de acuerdo si la probeta falla o cede en su totalidad, es decir, cuando se aplique, la carga máxima en la briqueta y esta tenga un indicador de medición alto este corresponderá a la estabilidad Marshall.

En ciertas circunstancias, en la ingeniería, la resistencia no siempre es visto como la durabilidad, pero en este caso, para la resistencia de la mezcla en la deformación, el valor máximo o el más elevado será mucho mejor.

### **Valor de Fluencia Marshall**

Este refiere a la disminución del diámetro de la briqueta que es el resultado de la deformación de la misma, que suele ser medida en centésimas de pulgadas.

Por estas razones, las mezclas que presentan valores muy altos y valores bajos en la estabilidad Marshall, son denominados rígidas y frágiles para la pavimentación. Además, los

que presentan valores altos de fluencia se denominan demasiado plásticas, dado que estas tienden a deformarse cuando se le aplica un estímulo (cargas de tránsito).

**Tabla XII**

Número de Golpes de Acuerdo al Tráfico

Parámetros de diseño	Clase de Tráfico		
	Pesado(A)	Medio (B)	Liviano(C)
# de Golpes	75	50	35
Estabilidad min. (KN)	8.15	5.44	4.53
Flujo 0.01" (0.25mm)	8-14	8-16	8-20
Vacíos de aire	3-5	3-5	3-5
Vacíos llenos c/asf (%)	65-75	65-78	70-80

Nota: En esta tabla se describe las características que deben tener las briquetas asfálticas utilizando el método Marshall de acuerdo al tipo de tráfico y con respecto a la norma MTC EG [30].

### Normativas

Según las normativas que establece el manual de carreteras y especificaciones, sobre el concreto asfáltico, para la realización de un diseño son las siguientes. [25].

**Tabla XIII**

Especificaciones Técnicas Para los Agregados Gruesos

REQUERIMIENTOS EN EL AGREGADO GRUESO			
Ensayos	Normas	Requerimientos Altitud (msnm)	
		mayor 3.000	menor 3.000
Durabilidad (al-sulfato de sodio)	MTC.E209	12.00% máx.	12.00% máx.
Durabilidad (al-sulfato de magnesio)	MTC.E209	18.00% máx.	15.00% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC.207	40.00% máx.	30.00% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC.E221	10.00% máx.	10.00% máx.
Caras fracturadas	MTC.E210	85/50	90/70
Sales solubles y totales	MTC.E219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC.E206	1.00% máx.	1.00 % máx.
Adherencia	MTC.E519	95	95

Nota: En esta tabla se describe las características técnicas que deben cumplir el agregado grueso para que puedan ser utilizados en la mezcla asfáltica de acuerdo al MTC EG [30].

Agregados minerales finos deben de cumplir con las siguientes normativas:

**Tabla XIV**

Especificaciones técnica para el agregado fino

REQUERIMIENTO EN EL AGREGADO FINO			
ENSAYOS	NORMAS	Requerimientos	
		Altitud (msnm)	
		Mayor 3.000	Menor 3.000
Índice de Durabilidad	MTC.E214	35.00% min.	35.00% min.
Equivalente de Arena	MTC.E114	60.00% min.	70.00% min.
Angularidad	MTC.E222	30.00% min.	40.00% min.
Azul de metileno	AASTHO57	8.00% máx.	8.00% máx.
Índice de Plasticidad (malla n° 40)	MTC.E111	No Presenta	No Presenta
Índice de Plasticidad (malla n° 200)	MTC.E111	4.00% máx.	No Presenta
Salas solubles y totales	MTC.E219	0.5% max.	0.5% máx.
Absorción	MTC.E206	0.5% máx.	0.5% máx.

Nota: En esta tabla se describe las características técnicas que deben cumplir el agregado fino para que puedan ser utilizados en la mezcla asfáltica de acuerdo al MTC EG [30].

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC) deben de responder a los siguientes requerimientos de usos de granulométricos:

**Tabla XV**

Especificaciones técnicas para mezcla asfáltica en caliente

GRADACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE			
TAMIZ	Porcentajes que pasan		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25.0mm (1")	100%		
19.0mm (3/4")	80% a 100%	100%	
12.5mm (1/2")	67% a 85%	80% a 100%	
9.55mm (3/8")	60% a 77%	70% a 88%	100%
4.75mm(N°4)	43% a 54%	51% a 68%	65% a 87%
2.00mm (N° 10)	29% a 45%	38% a 52%	43% a 61%
425mm(N°40)	14% a 25%	17% a 28%	16% a 29%

180mm(N°80)	8% a 17%	8% a 17%	9% a19%
75mm (N° 200)	4% a 8%	4% a 8%	5% a10%

Nota: En esta tabla se describe las diferentes granulometrias combinadas que deben tener los agregados para que cumpla con el diseño de mezclas asfálticas en caliente de acuerdo al MTC EG [30].

Condiciones mínimas para mezclas asfálticas en caliente según la MTC EG [30]:

**Tabla XVI**

EG- 2013 Tabla 423-06

Parámetros de Diseño	CLASE		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
Estabilidad (mín.)	8.15 kn	5.44 kn	4.53 kn
Flujo (0.01")	8 - 14.	8 - 16.	8 - 20.
Vacíos de aire MTC E 505	3 - 5.	3 - 5.	3 - 5.
V.M. A	Tabla 423-10		
Resistencia a la compresión Mpa mín.	2.1	2.1	1.4
Resistencia retenida % (min)	75	75	75
Relación polvo - Asfalto	1.700 - 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	80 mín.		

Nota: en esta tabla se describe los parámetros mínimos y máximos de diseño para mezclas asfálticas utilizando em método Marshall MTC EG [30].

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

#### **Tipo de investigación**

La investigación aplicada se presenta cuando existen problemas específicos que requieren soluciones inmediatas aportando nuevos conocimientos con la finalidad de que estos sean útiles y confiables [39].

#### **Diseño de investigación**

El diseño experimental de la investigación se basa en someter a un objeto o grupo específico a estímulos, condiciones o tratamiento (variable independiente) con el afán de analizar los efectos que se producen (variable dependiente) [40].

### **2.2. Variable, Operacionalización**

#### **Variables Independiente**

Ceniza de Cascarilla de Oryza Sativa

#### **Variable dependiente**

Mezcla Asfáltica en Caliente.

## Operacionalización de Variables

**Tabla XVII**

Operacionalización de variable independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Independiente Ceniza de cascarilla de Oryza sativa	Es el residuo obtenido de la calcinación de la cascara de arroz y posee propiedades puzolánicas	La Ceniza de cascarilla de oryza sativa, se determinará la temperatura de calcinación óptima, así como sus propiedades físicas y químicas	Características físicas y químicas  % de incorporación	Módulo de finura	$MF = \frac{\sum \%Ac\ ret}{100}$	Observación experimental y ficha de recolección de datos	Adim	Numérica	De razón  Intervalo
				Temperatura	°C		%		
				Análisis químico	%		%		
				0.25%	%		%		
				0.50%	%	%			
				0.75%	%	%			
				1.00%	%	%			

Nota: en esta tabla 17 se detalla la operacionalización de la variable independiente, que va intervenir directamente en la investigación

**Tabla XVIII**

Operacionalización de variable dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Dependiente Mezcla asfáltica en caliente	La MAC, se elabora con Ag° Pétreos; asfalto y filler como relleno de vacíos. todos estos materiales a 140° en caliente	Se realizarán briquetas asfálticas de control y con C.C.O.S en reemplazo del filler, determinando sus propiedades físicas y mecánicas por el método Marshall.	Características físicas	Cemento asfáltico	%	Observación experimental y ficha de recolección de datos	%	Numérica	De razón
				Agregado Fino	100 - % Acum retenido		%		
				Agregado Grueso	100 - % Acum retenido		%		
			Filler (Cemento)	%					
			Fluencia	0.01'' x C. A	mm				
	Estabilidad	<i>Estabilidad x Fc</i>		Kg					

Nota: En esta tabla XVIII se detalla la operacionalización de la variable dependiente, que intervendrá en la investigación .

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

### Población

La población de la presente investigación comprendió a todas las muestras empleadas para los ensayos mediante la metodología Marshall, teniendo a las briquetas asfálticas elaboradas de manera convencional y las briquetas asfálticas experimentales con las incorporaciones de ceniza de cascarilla de oryza sativa.

### Muestra

Se elaboraron un total de 180 briquetas mediante la metodología Marshall, para los porcentajes de asfalto de 4.5%, 5%, 5.5% y 6% con un PEN 60/70, para los tránsitos pesado (A), mediano (B) y liviano (C), realizando 03 briquetas por cada porcentaje de asfalto y para cada tránsito se realizó 12 briquetas. Siendo un total de 36 briquetas para los 03 tránsitos. Para el MAC patrón, posteriormente al diseño de mezcla asfáltica MAC patrón se le adicionó ceniza de cascarilla de oryza sativa en reemplazó de filler (cemento), en porcentajes de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.0%. El número de briquetas asfálticas elaboradas se muestra en la tabla 19.

**Tabla XIX**

Cantidad de briquetas elaboradas

Descripción	Dosificación ceniza de cascarilla de oryza sativa (%)	Tipos de tránsito			
		Pesado (A)	Medio (B)	Liviano (C)	
Mezcla Asfáltica Convencional	MAC.P+ 0.00%C.C.O.S	0	12	12	12
Mezcla asfáltica modificada	MAC.P+0.25%C.C.O.S	0.25	12	12	12
	MAC.P+0.50%C.C.O.S	0.5	12	12	12
	MAC.P+0.75%C.C.O.S	0.75	12	12	12
	MAC.P+1.00%C.C.O.S	1	12	12	12
Total		180			

Nota: En esta tabla se detalla la cantidad de muestras que se realizaron para las briquetas asfálticas.

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

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

Se planteó en la investigación la recopilación de información, utilizando los parámetros de observación, revisión del contenido. así como se corroboró la validez y confiabilidad, siendo estos parámetros la base fundamental para el desarrollo de la investigación

### **Observación**

Se empleó para examinar las propiedades físicas de los agregados pétreos, garantizando la cantidad y calidad del material, a utilizarse y cumpliendo con los parámetros de acuerdo a la norma, en el proceso de elaboración de las briquetas de asfalto, observando sigilosamente los resultados provenientes después de haberlas ensayados. Quedando estos resultados anotados en los instrumentos de recolección de datos.

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

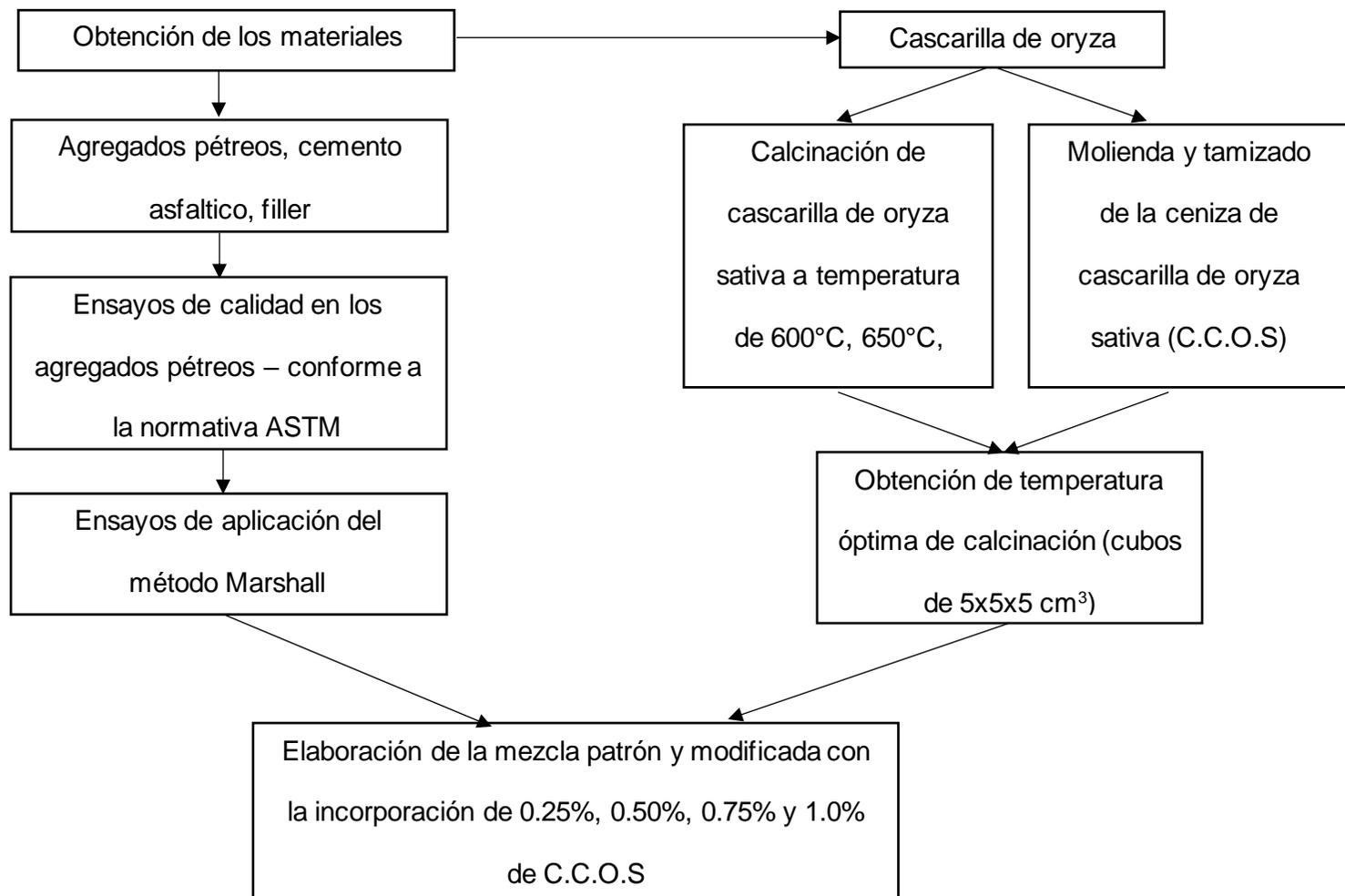
#### **Análisis de contenido**

Se revisó las fuentes bibliográficas de proyectos de investigación; artículos científicos, revistas, libros, Manuales y directivas. con la finalidad de proveer de información, para el desarrollo de la presente investigación. Que ayudará a detallar las características de las briquetas asfálticas. También se empleó los formatos de recolección de información del laboratorio de mecánica de suelos LEMS W&C.

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

### **Diagrama de flujo de procesos**

Se describe de manera técnica el análisis de datos que se realizaron en el estudio, explicando por medio del diagrama de flujo el procedimiento que se siguió durante el desarrollo del estudio. A continuación, se detalla en la Fig 10.



**Fig. 10.** Diagrama de flujo de procesos

Nota: En esta imagen se describe el proceso y el desarrollo de la investigación.

## Descripción de procesos

### Obtención de los materiales

Los materiales recolectados para la fabricación de la mezcla asfáltica de grado 60/70 fueron obtenidos de la planta de asfalto en caliente del Gobierno Regional de Lambayeque ubicada en Batan Grande para los agregados pétreos y de la empresa MOLINOR que es una empresa de arrocera ubicada en la carretera Lambayeque 7 KM para la cascarilla de oryza sativa.



**Fig. 11.** Insumos para el desarrollo de la investigación

Nota: En esta imagen se observa los lugares de donde se consiguieron los materiales para desarrollar esta investigación

Para la obtención de la ceniza de cascarilla de oryza sativa, se procedió a incinerarla en un horno artesanal, previo control de temperatura a 700°C, después del proceso de incineración de la cascarilla de oryza sativa se procedió con la ceniza en mención, pasarla por un equipo de trituración y molienda, después de incinerarla, para posteriormente tamizarla por las mallas N°30; N°50 y la N°200, garantizando que cumpla con los estándares de calidad y los requerimientos para ser empleados en reemplazo del filler (cemento), como relleno mineral. Dicho proceso para la obtención de la ceniza de cascarilla de oryza sativa se detalla en la Fig 12.

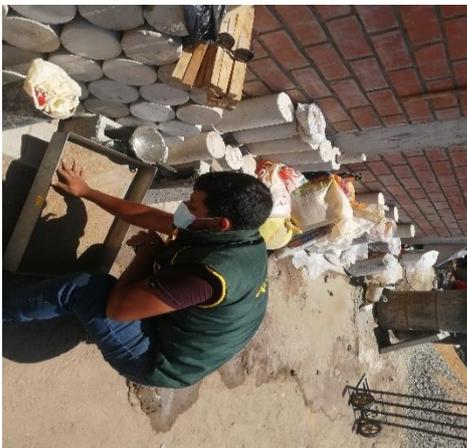


**Fig. 12.** Proceso; para la obtención de la ceniza de cascarilla de oryza sativa

Nota: En esta imagen se describe el proceso para la obtención de la ceniza de cascarilla de oryza sativa.

## Ensayos de calidad de los materiales, agregados grueso y agregado fino

Los ensayos que se realizaron a los agregados pétreos de acuerdo al Manual de ensayo y materiales MTC y la norma americana del ASTM C136 método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos. A continuación, en la figura 13, se muestra los diferentes ensayos que se aplicaron al agregado grueso y agregado fino que también se mencionan en la tabla XIII y la tabla XIV de los ensayos y estándares de calidad que deberán cumplir, para su posterior utilización de estos áridos en la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente.





**Fig. 13.** Ensayo para los agregados gruesos y finos que cumplan de acuerdo a lo especificado

Nota: En esta imagen se observa los ensayos que se realizaron para los agregados en laboratorio donde se desarrolló la investigación

### **Elaboración de Briquetas asfálticas**

Después de realizar los ensayos para el control de calidad de los agregados se deben considerar los datos de la granulometría del agregado grueso, agregado fino, filler y el material de reemplazo por el filler que en este caso sería la ceniza de cascarilla de oryza sativa). Teniendo como finalidad determinar la gradación para las mezclas asfálticas en caliente, debiendo responder a los requerimientos mencionados en la Tabla XV y Tabla XVI Especificaciones técnicas para un tipo MAC-02, considerando la norma MTC EG -2013. Posteriormente ya teniendo seleccionado el tipo de gradación se tendrá la dosificación de cada material, después se elaboró las briquetas asfálticas. Se realizó las primeras briquetas patrón con contenidos de cemento asfáltico en 4.5%; 5.0%; 5.5% y 6%, para los 03 tipos de tránsito, liviano, mediano y pesado, aplicando los procesos de elaboración de muestras asfálticas la metodología Marshall. También se realizaron briquetas asfálticas, ya adicionando y reemplazando paulatinamente el filler como relleno mineral en porcentajes de adición de ceniza de cascarilla de oryza sativa en 0.25%; 0.50%;0.75% y 1.0% con respecto a la mezcla asfáltica en caliente.

En la fig 14, se puede apreciar en las imágenes. el procedimiento de la elaboración de briquetas asfálticas en laboratorio de suelos, teniendo en consideración que lo agregados

y el cemento asfáltico, deben tener una temperatura de 140°C. También se tiene que tener en cuenta que la masa total de la briqueta asfáltica son 1200 gr; incluyendo los agregados pétreos, cemento asfáltico; filler y lo que se vaya adicionar o reemplazar.



**Fig. 14.** Procedimiento de elaboración de briquetas asfálticas

Nota: En esta imagen se observó la elaboración de las muestras a ensayarse para el desarrollo de la investigación siguiendo el los pasos del método marshall.

#### **Prueba de método Marshall – Normativa ASTM D-1559 / MTC E 504.**

Posteriormente de la elaboración de las briquetas, se procedió a ensayarlas, siguiendo y cumpliendo con el método Marshall. describiendo el procedimiento para determinar la resistencia a las deformaciones plásticas de mezcla asfáltica en caliente que se emplearan tanto en laboratorio de suelos, como en la ejecución de las obras de construcción de pavimentos con carpeta asfáltica.

En la fig 15; se puede corroborar los siguientes procesos que se desarrollaron durante la presente investigación.



**Fig. 15.** Procedimiento para ensayos de Estabilidad; Flujo y prueba de vacíos “rice” de las briquetas asfálticas

Nota: En esta imagen se observa el peso bulk y los ensayos de Estabilidad; Flujo y prueba de vacíos “rice” de las briquetas asfálticas que se realizaron en laboratorio.

## 2.6. Criterios éticos

En referencia a los aspectos éticos, para la presente investigación se desarrollará con la veracidad, honestidad y originalidad de la norma técnica, del manual de ensayo de materiales (MTC), ISO 9001, entre otras. Después de haber realizado los ensayos de laboratorio y obtenido los resultados, con la honestidad de no ser adulterados ni manoseados, ya que se brindará una información confiable, y con la originalidad que no se realizó plagio

alguno de otras investigaciones, quedando como referencia y base para próximos investigadores a futuro.

### **Criterios de rigor científico**

En todo el desarrollo del estudio y ensayos elaborados a los materiales que se emplearon en la investigación, siendo fiables los resultados, debido a que se realizaron con la revisión de las normativas y con la orientación del asesor especialista en el tema, además se contó con un buen equipo de recolección de datos, dejando en evidencia la fiabilidad de los resultados, para obtener las metas planteadas de la presente investigación, dando a respetar los resultados que se obtenga en el laboratorio.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

En este capítulo se muestra la interpretación de resultado mediante tablas y figuras que se consiguieron por medio de los ensayos que se realizó en el laboratorio de LEMS W&C, corroborándose con las pruebas que se anexaron en la presente investigación.

#### Resultado del desarrollo del objetivo N°01

Es de suma importancia tener un control de las propiedades físicas de los agregados que se utilizó en el diseño de mezclas asfálticas en este proyecto. Para lo cual se realizó los ensayos para verificar y corroborar que cumplan con los requerimientos y parámetros mínimos y máximos que exige la normativa del MTC EG-2013.

#### Control de Calidad del Agregado Grueso

Tabla XX

Resultado del Control de Calidad del Agregado Grueso

Ensayo	Resultado	Requerimiento $\leq$ 3000 M.S.N.M	MTC	Referencia Norma ASTM/AASTHO
Durabilidad (Al Sulfato De Magnesio)	5.33%	15% Max	MTC E-209	ASTM-C-88
Abrasión Los Ángeles	12.05%	35% Max	MTC E-207	ASTM-C-131
Partículas Chatas Y Alargadas	2.84%	10% Max	MTC E-223	ASTM-D-4791
Caras Fracturadas	96/78.9	40% Min	MTC E-210	ASTM-D-5821
Sales Solubles Totales	0.28%	0.5% Max	MTC E-219	ASTM-D-1888
Absorción	0.76%	1.00%	MTC E-205	ASTM-C-118

Nota: En esta tabla detalla los resultados de cada ensayo que se realizó para el control de calidad.

## Control de calidad del agregado fino

**Tabla XXI**

Resultado del Control de Calidad del Agregado Fino

Ensayo	Resultado	Requerimiento ≤ 3000 M.S.N.M	Referencia	
			MTC	Norma ASTM/AASTHO
Equivalente de arena	70.00%	mínimo 45%	MTC E-209	ASTM-D-2419
Angularidad del agregado fino	39.99%	6% min	MTC E-220	MTC E-220
Índice de plasticidad (malla n° 40)	NP	no presenta	MTC E-111	ASTM-D-4318
Índice de plasticidad (malla n° 200)	2.09	no presenta	MTC E-111	ASTM-D-4318
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	6.54%	15% max	MTC E-209	ASTM-C-88
Sales solubles totales	0.29%	0.5% max	MTC E-219	ASTM-D-1888
Absorción	58.00%	de acuerdo al diseño	MTC E-205	ASTM-C-118

Nota: En esta tabla detalla los resultados de cada ensayo que se realizó para el control de calidad del agregado fino.

## Granulometría del agregado Grueso

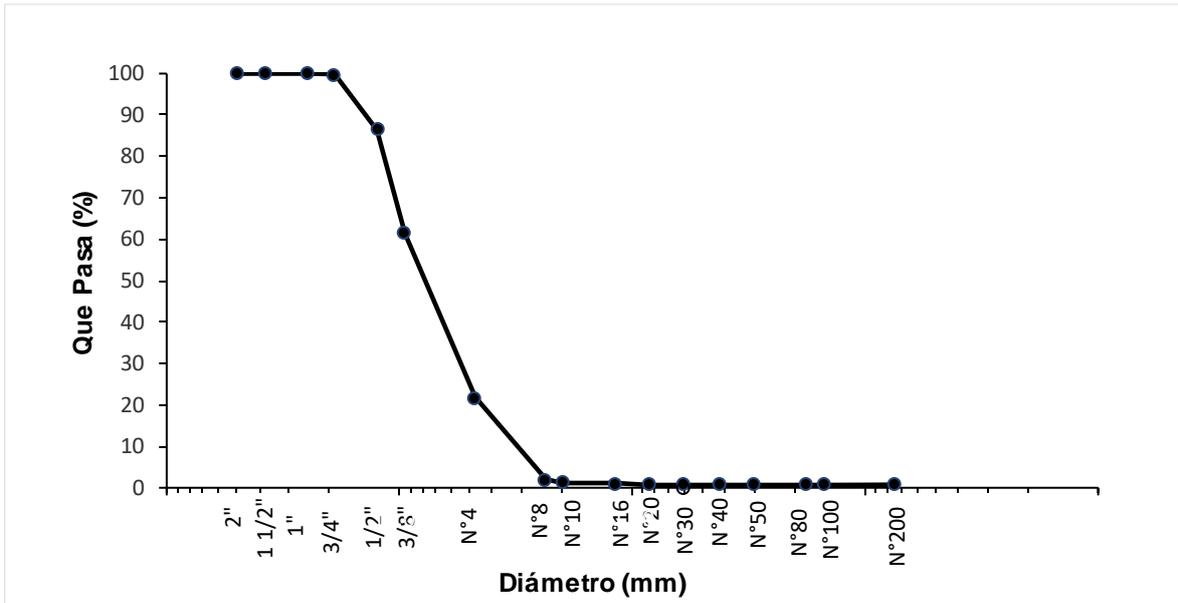
**Tabla XXII**

Resultado de la Granulometría Agregado Grueso

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado
2"	50	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	100
1"	25	0	0	100
3/4"	19	0.3	0.3	99.7
1/2"	12.5	13.2	13.5	86.5
3/8"	9.5	25	38.5	61.5
Nº 4	4.75	39.7	78.2	21.8
Nº 8	2.36	19.9	98.1	1.9
Nº 10	2	0.5	98.7	1.3
Nº 16	1.18	0.4	99.1	0.9
Nº 20	0.85	0.1	99.1	0.9
Nº 30	0.6	0.1	99.2	0.8

Nº 40	0.425	0	99.2	0.8
Nº 50	0.3	0	99.2	0.8
Nº 80	0.18	0	99.2	0.8
Nº100	0.15	0	99.3	0.7
Nº200	0.075	0	99.3	0.7

Nota: En esta tabla detalla los porcentajes retenidos de cada malla para su granulometría del agregado grueso.



**Fig. 16.** Curva Granulométrica AG. Grueso

Nota: Se realizó el análisis granulométrico, para el agregado grueso correspondientes a la cantera "La Pluma", determinando mediante tablas y gráficos preestablecidos si está dentro y cumple con los porcentajes retenidos en cada malla.

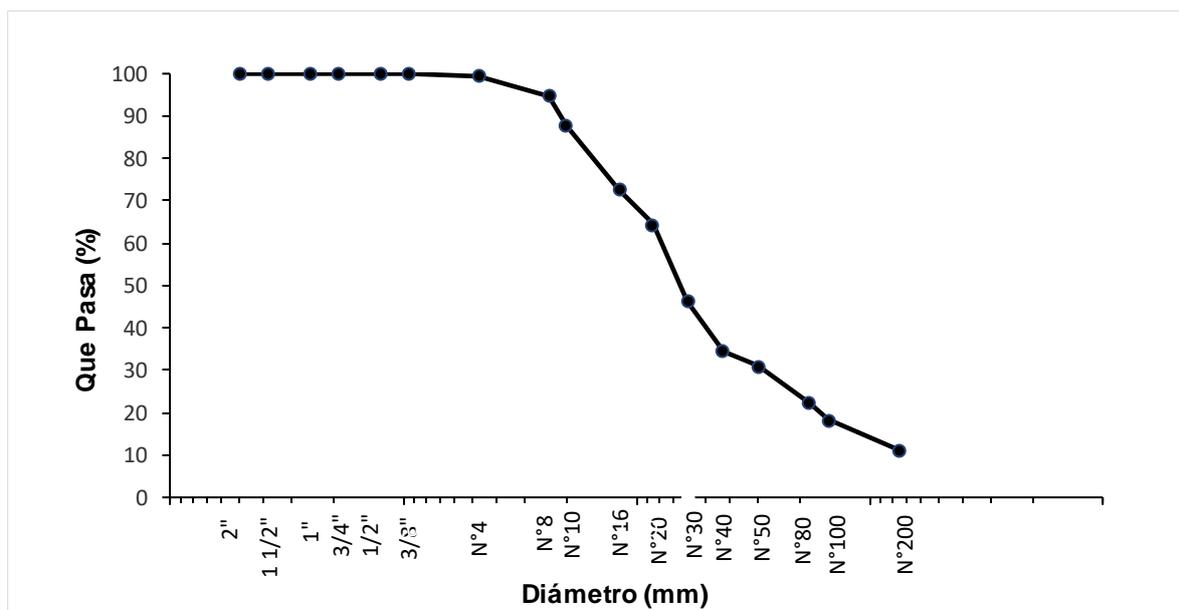
## Granulometría del agregado fino

**Tabla XXIII**

Resultado de la granulometría agregado fino

Malla	%	% Retenido	% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado
2"	50	0	100
1 1/2"	37.5	0	100
1"	25	0	100
3/4"	19	0	100
1/2"	12.5	0	100
3/8"	9.5	0	100
Nº 4	4.75	0.6	99.4
Nº 8	2.36	4.6	94.8
Nº 10	2	7.1	87.7
Nº 16	1.18	15.1	72.7
Nº 20	0.85	8.2	64.5
Nº 30	0.6	18.3	46.2
Nº 40	0.425	11.7	34.6
Nº 50	0.3	3.5	31.1
Nº 80	0.18	8.7	22.3
Nº100	0.15	4	18.3
Nº200	0.075	7.1	11.2

Nota: En esta tabla detalla los porcentajes retenidos de cada malla para su granulometría.



**Fig. 17.** Curva granulométrica ag. fino

Nota: Se realizó el análisis granulométrico, para el agregado fino correspondientes a la cantera “La Pluma”, determinando mediante tablas y gráficos preestablecidos si está dentro y cumple con los porcentajes retenidos en cada malla.

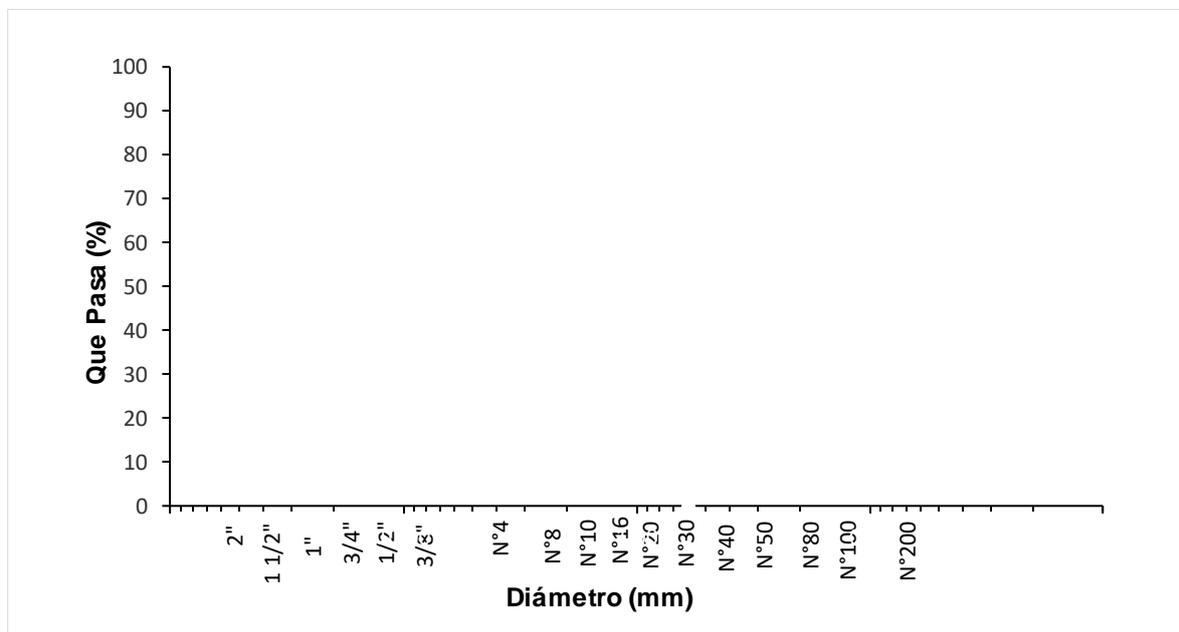
### Granulometría del filler o Relleno mineral

**Tabla XXIV**

Resultado de la Granulometría Filler o Relleno mineral

ANALISIS GRANULOMETRICO- FILLER				
Malla	%	% Retenido	% Que Pasa	
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado
Nº 30	0.6	0	0	100
Nº 50	0.3	0	0	100
Nº200	0.075	0	0	100

Nota: Se realizó el análisis granulométrico del filler, material que se utilizara como relleno de vacíos, por lo que el material a utilizar como filler será el que pase hasta las mallas N°30, N°50 Y N°200.



**Fig. 18.** Curva granulométrica filler

Nota: Se realizó el análisis granulométrico, para el filler (cemento) o relleno mineral, no teniendo material retenidos en las mallas N°30; N°50 y N°200.

## Granulometría combinada del agregado grueso, agregado fino y filler

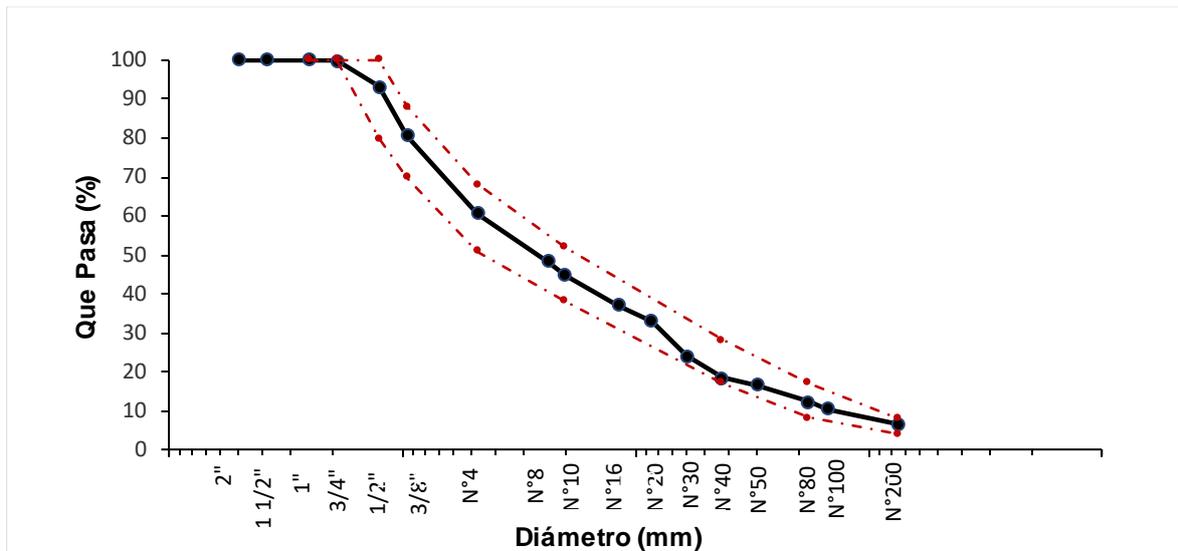
Resultados obtenidos de combinación teórica de la granulometría de cada uno del Ag. Grueso; Ag Fino y Filler. Quedando comprendida la granulometría a utilizarse en la presente investigación, siendo el MAC-2; de acuerdo a la Tabla 423-03 MTC-EG 2013.

**Tabla XXV**

Resultado de la granulometría combinado, ag. grueso; ag. fino y filler

Malla		50	49	1	100	GRADACIÓN
		% Que Pasa				
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	MAC - 2
2"	50	100	100	100	100	
1 1/2"	37.5	100	100	100	100	
1"	25	100	100	100	100	
3/4"	19	99.7	100	100	100	100
1/2"	12.5	86.5	100	100	93.3	80 - 100
3/8"	9.5	61.5	100	100	80.7	70 - 88
Nº 4	4.75	21.8	99.4	100	60.6	51 - 68
Nº 8	2.36	1.9	94.8	100	48.4	
Nº 10	2	1.3	87.7	100	44.6	38 - 52
Nº 16	1.18	0.9	72.7	100	37.1	
Nº 20	0.85	0.9	64.5	100	33	
Nº 30	0.6	0.8	46.2	100	24.1	
Nº 40	0.425	0.8	34.6	100	18.3	17 - 28
Nº 50	0.3	0.8	31.1	100	16.6	
Nº 80	0.18	0.8	22.3	100	12.3	8 - 17
Nº100	0.15	0.7	18.3	100	10.4	
Nº200	0.075	0.7	11.2	100	6.9	4 - 8

Nota: Se muestra en esta tabla la combinación teórica granulométrica de los agregados, para determinar en qué granulometría combinada se encuentra este material y poder determinar el diseño MAC.

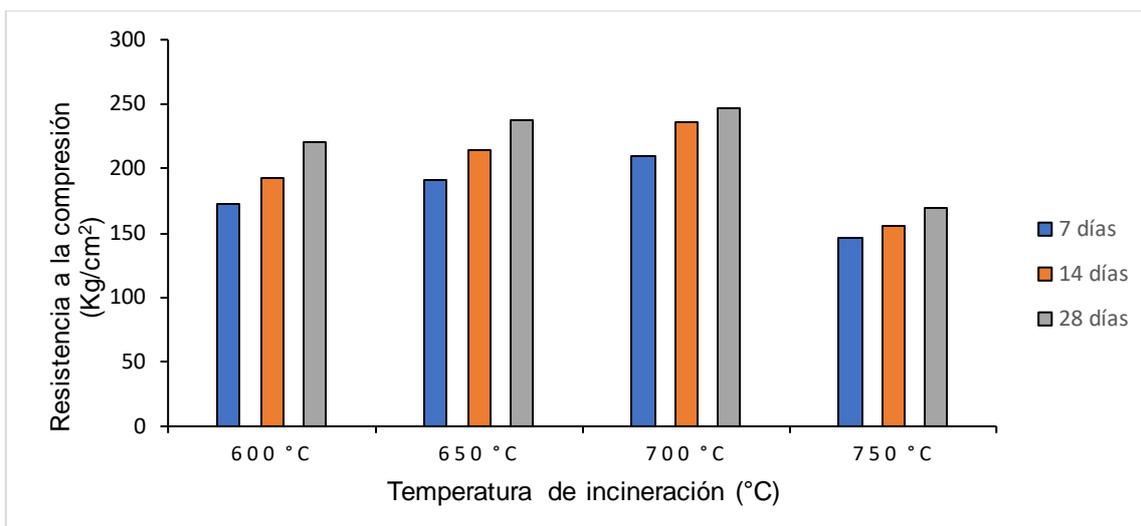


**Fig. 19.** Curva granulométrica combinado teórico

Nota: En esta imagen se muestra una curva granulométrica comprendida la combinación teórica que se detalló en la tabla XIX de las granulometrías de cada agregado. Estando comprendido su diseño en el MAC-02.

### **Resultado del desarrollo del objetivo N°02**

Previamente a la utilizar las cenizas como filler en reemplazo del cemento en la mezcla asfáltica, se procedió a evaluar la temperatura de incineración que brindaría un comportamiento más cercano al cemento, dicho ensayo se llevó a cabo basándose en la normativa ASTM C109/ASTM C311 y se contrasto con lo requerido en la normativa ASTM C618. Para ello se incinero la cascarilla de oryza sativa a 600°C, 650°C, 700°C y 750°C.



**Fig. 20.** Análisis de la temperatura de incineración

Nota: En esta imagen se aprecia en el diagrama de barras las diferentes resistencias que tiene cada temperatura de calcinación de la ceniza de cascarilla de oryza sativa.

### Composición de físico-química de las cenizas a temperatura óptima

En la tabla XXVI, se muestra los elementos químicos de la composición de las cenizas de cascarilla de oryza sativa a la temperatura de 700°C que mejor comportamiento brindo.

**Tabla XXVI**

Composición físico-química de las cenizas de cascarilla de oryza sativa

Determinaciones	Und	Resultados
Humedad	%	8.81
Gravedad específica	---	2.67
SiO <sub>2</sub>	%	70.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.80
CaO	%	1.35
MgO	%	0.57
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	71.03

Nota: En esta tabla se detalla los resultados obtenidos del análisis físico-químico que se realizó a la ceniza de cascarilla de oryza sativa con la temperatura óptima de 700°C.

### Resultado del desarrollo del objetivo N°03

Correspondiente a las características físico – mecánicas del diseño de mezcla asfáltica patrón. a continuación, se detallará por medio de tablas, figuras y gráficos; así como en los anexos, Los resultados que se obtuvieron de los ensayos de laboratorio a las muestras patrón; en un 4.5%; 5.0%; 5.5.% y 6.0% de asfalto, para obtener el contenido óptimo de cemento asfáltico; para los siguientes tipos de tránsito liviano, mediano y pesado.

### Contenido óptimo de asfalto del diseño de mezcla patrón

**Tabla XXVII**

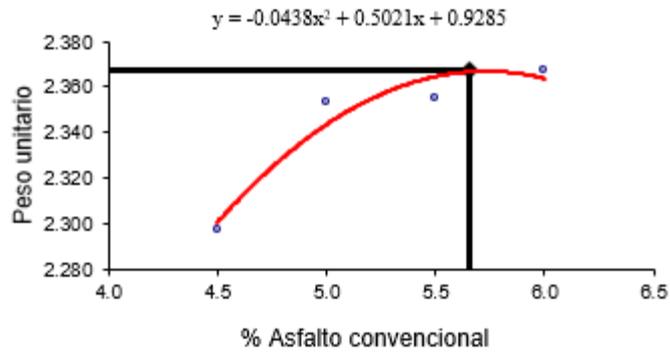
Resultados del contenido óptimo de asfalto para el diseño de mezcla patrón

Transito Parámetros	Tránsito Pesado (A)		Transito Mediano (B)		Transito Liviano (C)	
	Patrón	Marshall	Patrón	Marshall	Patrón	Marshall
N° de Golpes	75	75	50	50	35	35
% C. A	5.65		5.85		5.87	
P. unitario	2.367		2.325		2.325	
Vacíos	3.6	3 - 5	4.8	3 – 5	4.8	3 - 5
V.M. A	16.1	14	17.7	14	17.7	14
V. LL.C.A.	76.8		72.5		72.6	
Polvo / Asfalto	0.79	0.6 - 1.3	0.82	0.6 - 1.3	0.83	0.6 - 1.3
Flujo	12.5	8 – 14	14.8	8 – 16	15.4	8 – 20
Estabilidad	1580	8.15 kN.	1173	5.44 kN.	1067.2	4.53 kN.
Estabilidad/ Flujo	3247.2	1700 - 4000	2043.9	1700 - 4000	1709.1	1700 - 4000

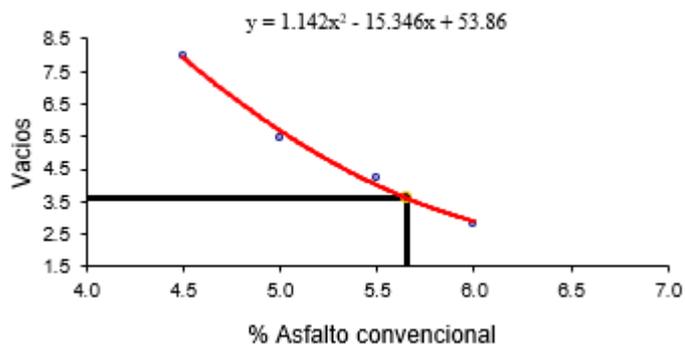
Nota: En esta tabla se menciona a detalle de acuerdo al tipo de tránsito los resultados con respecto a la mezcla asfáltica patrón-

### Resultado del Diseño de Mezcla asfáltica patrón; para tránsito Pesado (A) T=75 Golpes

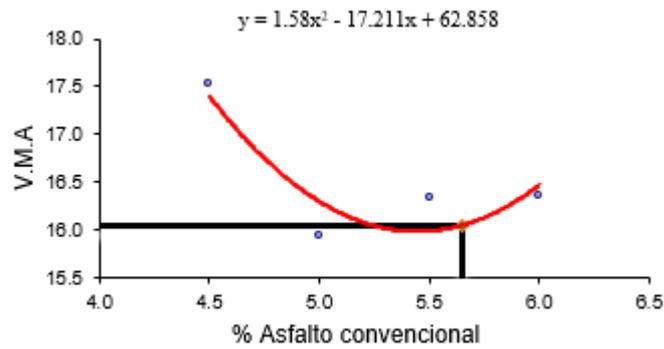
Correspondiente a las características físicas y mecánicas para tránsito Pesado, con porcentajes óptimos, detallándose por medio de gráficos.



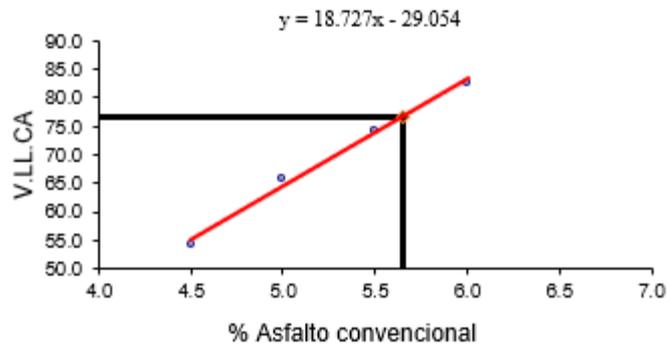
**Fig. 21.** Unitario - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



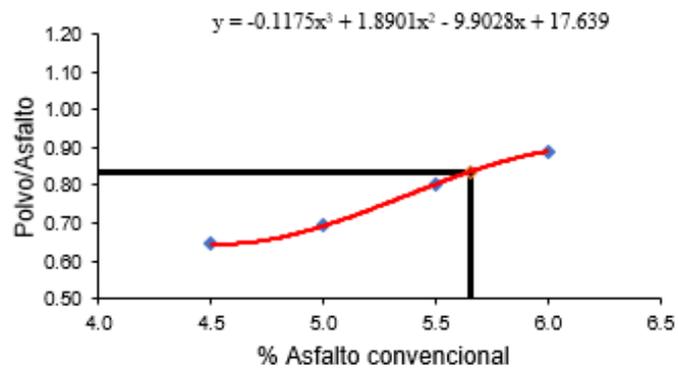
**Fig. 22.** % De Vacíos- Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



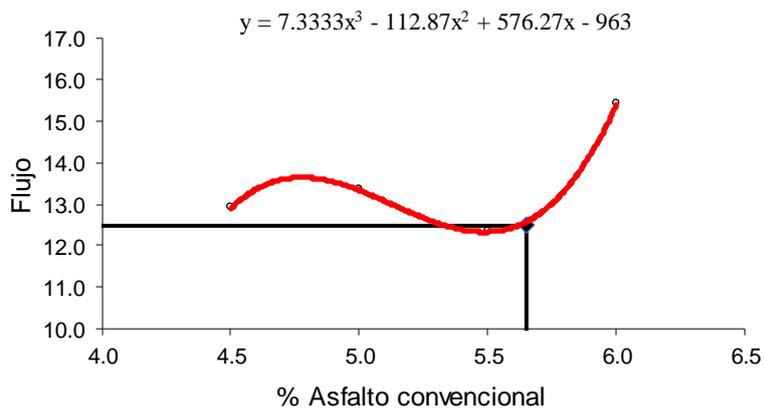
**Fig. 23.** V.M.A - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



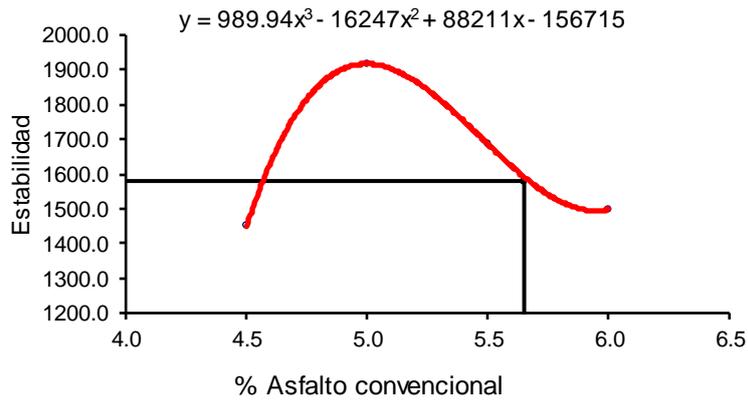
**Fig. 24.** V.L.L.C. A - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



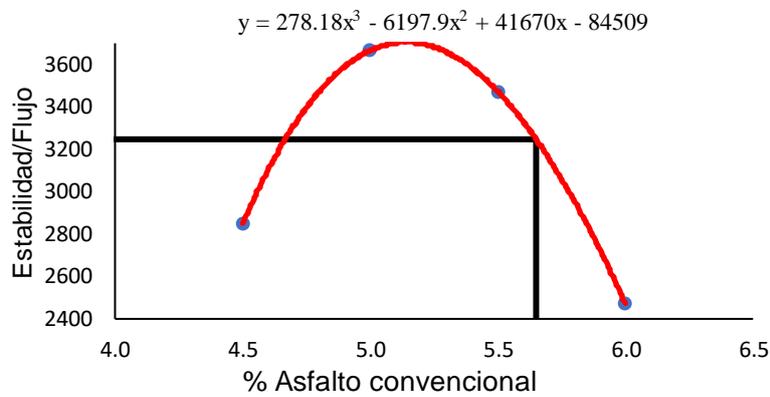
**Fig. 25.** Polvo/Asfalto - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



**Fig. 26.** Flujo - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



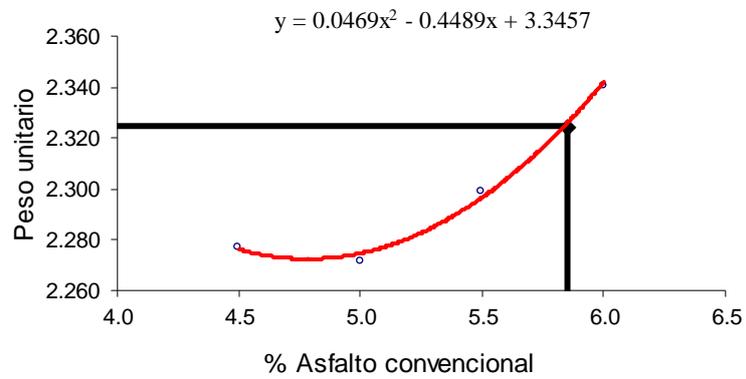
**Fig. 27.** Estabilidad - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón



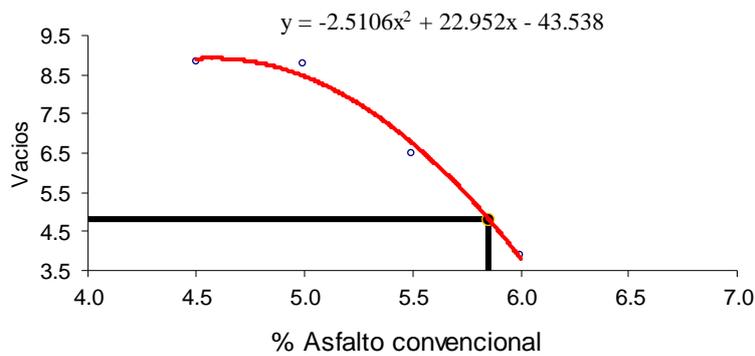
**Fig. 28.** Estabilidad/Flujo - Tránsito Pesado "A" de la mezcla Asfáltica Patrón

Nota: Siendo el contenido óptimo de cemento asfáltico un 5.65% para el tipo de tránsito pesado (A), obteniéndose resultados que se encuentran dentro de los parámetros Marshall, como se observa en las figuras N° 21 hasta la fig 28; teniendo los siguientes valores; P. unitario de 2.367, % vacíos de 3.6, VMA de 16.1, V. LL.CA de 76.8, relación polvo/asfalto 0.83, flujo (0.01") de 12.5, estabilidad de 1580 kg y relación estabilidad/flujo de 3247.2 kg/cm cumpliendo con los requerimientos mínimos. Siendo este diseño de mezclas asfáltica piloto, para el tránsito pesado (A).

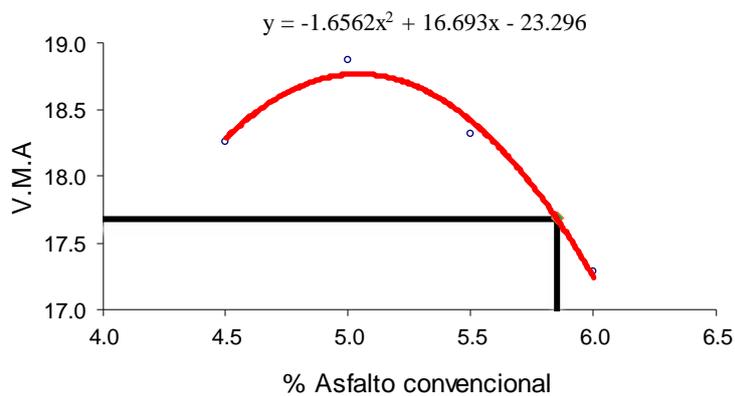
**Resultado del Diseño de Mezcla asfáltica patrón; para tránsito Mediano (B) T=50 Golpes**



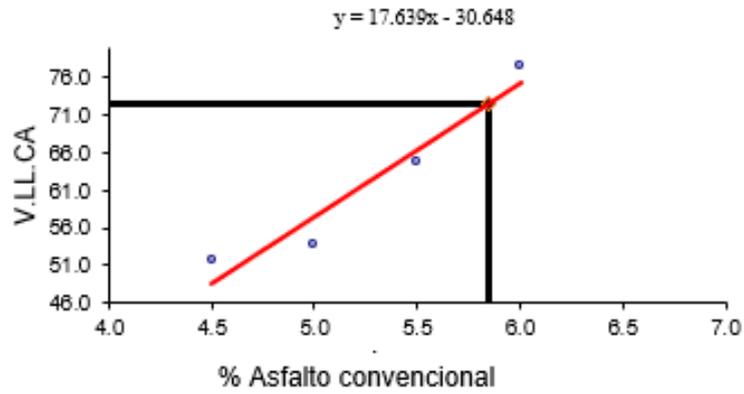
**Fig. 29.** P. Unitario - Tránsito Mediano “B” de la mezcla Asfáltica Patrón



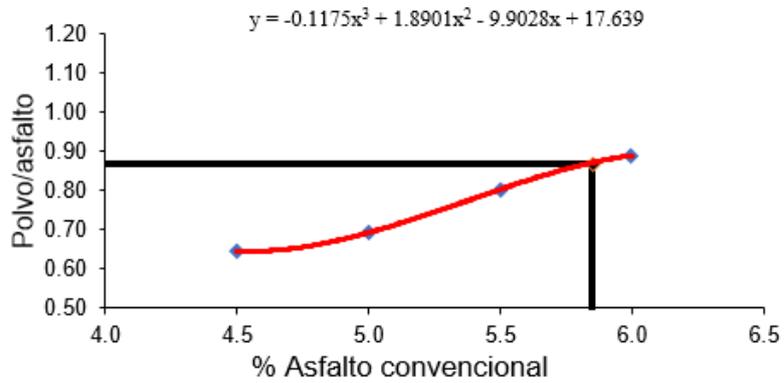
**Fig. 30.** % De Vacíos- Tránsito Mediano “B” de la mezcla Asfáltica Patrón



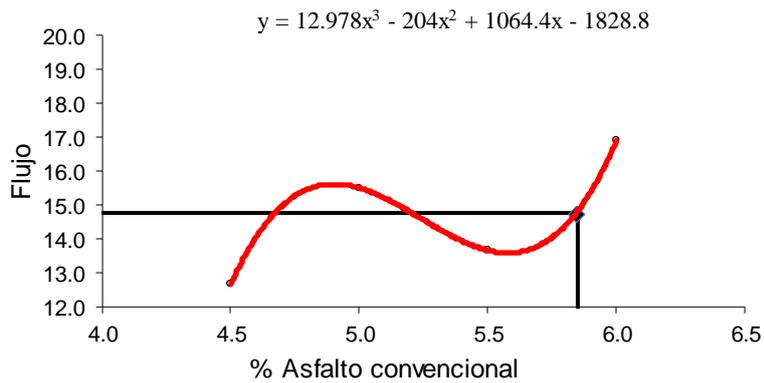
**Fig. 31.** V.M.A - Tránsito Mediano “B” de la mezcla Asfáltica Patrón



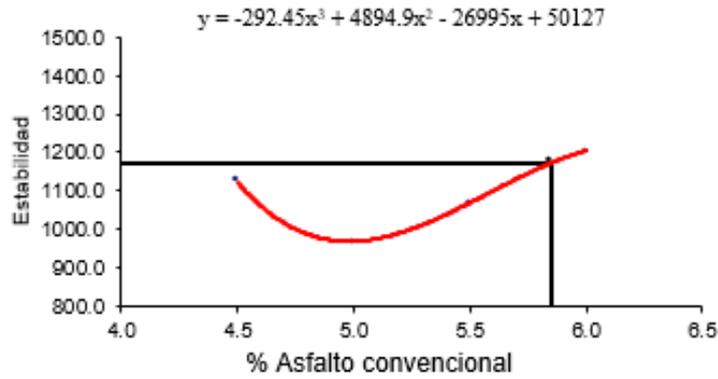
**Fig. 32.** V.L.L.C. A - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón



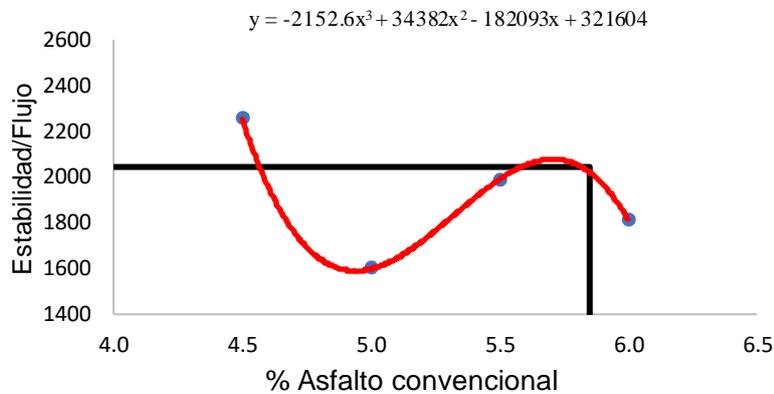
**Fig. 33.** Polvo/Asfalto - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón



**Fig. 34.** Flujo - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón



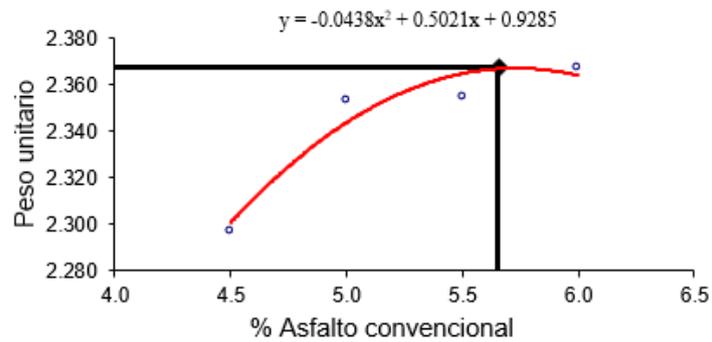
**Fig. 35.** Estabilidad - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón



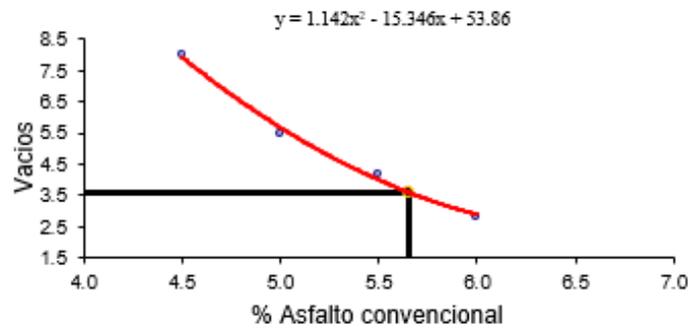
**Fig. 36.** Estabilidad/Flujo - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón

Nota: Teniendo un porcentaje de 5.85 de contenido de cemento asfáltico para el tipo de tránsito mediano (B), se obtuvieron resultados que se encuentran dentro de los parámetros Marshall, como se muestra desde la fig 29 hasta la fig 36; teniendo los siguientes valores; P.unitario de 2.325, % vacíos de 4.8, VMA de 17.7, V.LL.CA de 72.5, relación polvo/asfalto 0.87, flujo (0.01") de 14.8, estabilidad de 1173 kg y relación estabilidad/flujo de 2043.9 kg/cm cumpliendo con los requerimientos mínimos. Siendo este diseño de mezclas asfáltica piloto, para el tránsito mediano (B).

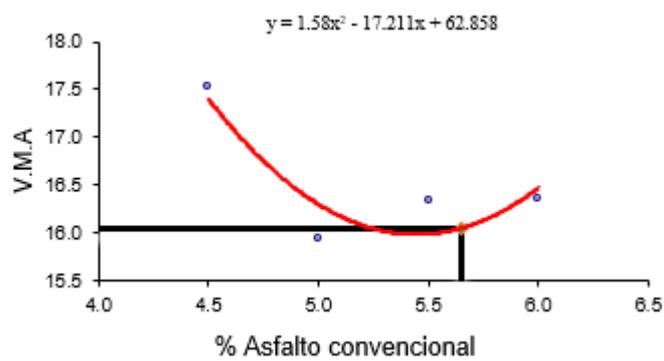
**Resultado del Diseño de Mezcla asfáltica patrón; para tránsito Liviano (C) T=35 Golpes**



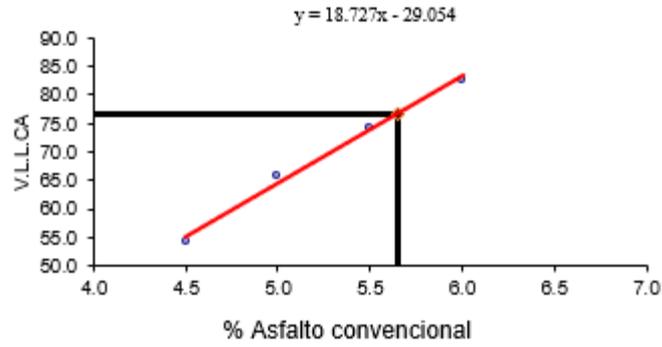
**Fig. 37.** P. Unitario - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón



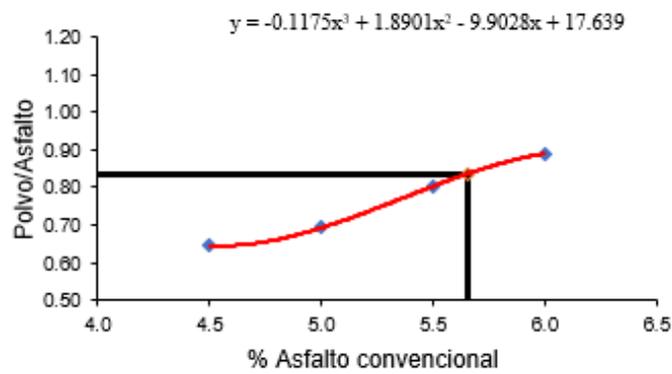
**Fig. 38.** % De Vacíos- Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón



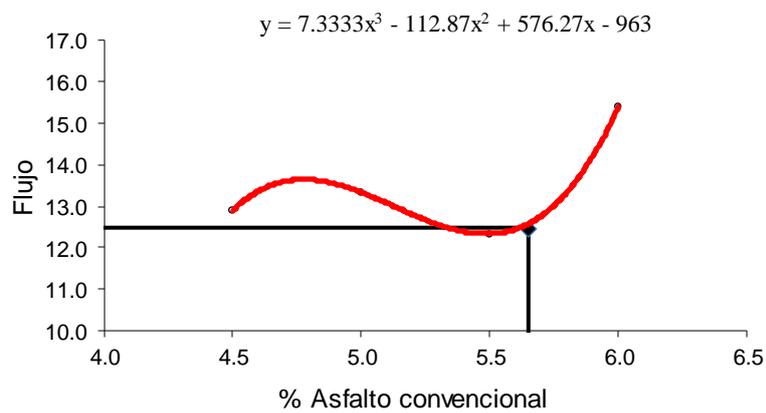
**Fig. 39.** V.M.A - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón



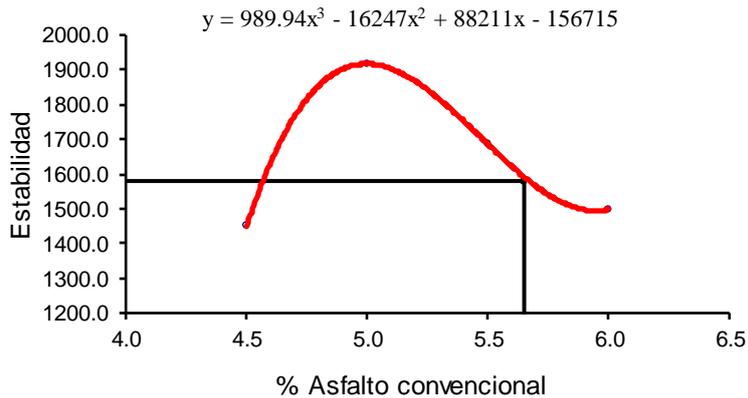
**Fig. 40.** V.L.L.C. A - Tránsito Mediano "B" de la mezcla Asfáltica Patrón



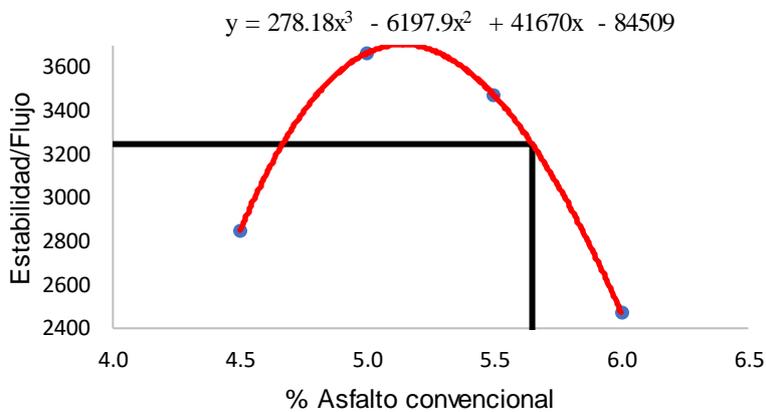
**Fig. 41.** Polvo/Asfalto - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón



**Fig. 42.** Flujo - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón



**Fig. 43.** Estabilidad - Tránsito Liviano" de la mezcla Asfáltica Patrón



**Fig. 44.** Estabilidad/Flujo - Tránsito Liviano "C" de la mezcla Asfáltica Patrón

Nota: Se obtuvo un % de cemento asfáltico para el tipo de tránsito liviano (C), de C. A de 5.87%, logrando resultados que se encuentran dentro de los parámetros Marshall, como se muestra desde la fig 37 hasta la fig 44, teniendo los siguientes valores; P. unitario de 2.325, % vacíos de 4.8, VMA de 17.7, V. LL.CA de 72.6, relación polvo/asfalto 0.87, flujo (0.01") de 15.4, estabilidad de 1067.2 kg y relación estabilidad/flujo de 1709.1 kg/cm cumpliendo con los parámetros mínimos. Siendo este diseño de mezclas asfáltica piloto, para el tránsito liviano (C).

## Resultado del desarrollo del objetivo N°04

Corresponde a evaluar las características físico-mecánicas, de la mezcla asfáltica modificada adicionando en 0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.0% de ceniza de cascarilla de oryza sativa en reemplazo del filler como relleno mineral, con respecto a la mezcla asfáltica patrón evaluado. para tránsito pesado; mediano y liviano.

## Resultado del Diseño de Mezcla asfáltica patrón modificado, adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa para tránsito pesado (A) T=75 Golpes.

**Tabla XXVIII**

Resultado del MAC-02 Patrón para Tránsito Pesado, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa C.C.O.S

Tránsito Pesado (A)						
Contenido de Ceniza de Cascarilla de Oryza sativa	Patrón	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	Parámetros Marshall
N° de Golpes	75	75	75	75	75	75
% C. A.	5.65	5.83	5.59	5.62	5.85	
P. Unitario	2.367	2.325	2.339	2.332	2.314	
Vacíos	3.6	4.8	4.7	4.7	4.8	3 - 5
V.M.A.	16.1	17.7	17	17.2	18	14
V. LL.C.A.	76.8	73.1	72.6	73.8	73.3	
Polvo / Asfalto	0.79	0.83	0.79	0.81	0.84	0.6 - 1.3
Flujo	12.5	14	10.7	12.3	11.6	8 - 14
Estabilidad	1580	1471.8	1724.3	1716.3	1380.2	8.15 kN.
Estabilidad/ Flujo	3247.2	2672.6	3988.9	3891.7	3157.6	1700 - 4000

Nota: En esta tabla muestra los resultados después de haber realizado, la adición de la ceniza de cascarilla de oryza sativa, sobre la mezcla asfáltica patrón para tránsito pesado (A); en reemplazo como filler o relleno mineral, se mostró que la adición de la ceniza de cascarilla de

oryza sativa en 0.25%; 0.50%, 0.75% y 1.00% de C.C.O.S cumplieron con los parámetros Marshall mínimos, pero en referencia a la muestra asfáltica piloto, para el tipo de tránsito pesado (A), no cumplieron todos, siendo la adición de 0.50% y 0.75% de C.C.O.S, los que muestran mejoras sobre el MAC-02 Piloto, para el tránsito pesado, mejorando en los valores más representativos como son la estabilidad y flujo. Pero presentando mayor % de vacíos. Mejorando sus propiedades físicas y mecánicas.

**Resultado del Diseño de Mezcla asfáltica patrón modificado, adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa para tránsito mediano (B) T=50 Golpes.**

**Tabla XXIX**

Resultado del MAC-02 Patrón para Tránsito Mediano, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa C.C.O.S

Transito Mediano (B)						
Contenido de Ceniza de Cascarilla de Oryza sativa	Patrón	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	Parámetros Marshall
N° de Golpes	50	50	50	50	50	50
% C. A.	5.85	5.98	5.25	5.65	5.6	
P. Unitario	2.325	2.312	2.368	2.336	2.331	
Vacíos	4.8	5	4	4.5	4.6	3 - 5
V.M.A.	17.7	18.3	15.5	17.1	17.1	14
V. LL.C.A.	72.5	70.9	71.8	74.1	73.6	
Polvo / Asfalto	0.82	0.85	0.72	0.81	0.80	0.6 - 1.3
Flujo	14.8	13	9.3	10.6	13.7	8 - 14
Estabilidad	1173	1190.9	1352.4	1419.1	1161.4	8.15 kN.
Estabilidad/ Flujo	2043.9	2321.9	3726.8	3436.9	2209.8	1700 - 4000

Nota: Esta tabla detalla en referencia para el tipo de tránsito mediano (B), al adicionar la ceniza de cascarilla de oryza sativa en porcentajes de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% de C.C.O.S en reemplazo de filler(cemento) como relleno mineral, con respecto a los parámetros Marshall, todos los porcentajes cumplieron, superando los valores mínimos. Pero en relación con el MAC-02 piloto para transito mediano (B), no todas las adiciones en la mezcla asfáltica superaron al piloto, siendo los porcentajes 0.50% y 0.75% de C.C.O.S los más relevantes que

mostraron mejoras sobre este tránsito. Siendo los valores más representativos la estabilidad y el flujo, mostrando menor % de vacíos. Mejorando sus propiedades físicas y mecánicas.

**Mezcla asfáltica patrón modificado, adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa para tránsito Liviano (C) T=35 Golpes.**

**Tabla XXX**

Resultado del MAC-02 Patrón para Tránsito Liviano, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa C.C.O.S

Contenido de Ceniza de Cascarilla de Oryza sativa	Tránsito Liviano (C)					Parámetros Marshall
	Patrón	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	
N° de Golpes	35	35	35	35	35	35
% C. A.	5.87	5.95	5.93	5.58	5.45	
P. Unitario	2.325	2.325	2.327	2.344	2.34	
Vacíos	4.8	4.5	4.4	4.3	4.6	3 - 5
V.M.A.	17.7	17.8	17.6	16.7	16.7	14
V. LL.C.A.	72.6	73.3	75.4	74.3	74.3	
Polvo / Asfalto	0.83	0.85	0.85	0.80	0.77	0.6 - 1.3
Flujo	15.4	13.3	14.7	10	15.2	8 - 14
Estabilidad	1067.2	984	975.8	1365.4	1017.7	8.15 kN.
Estabilidad/ Flujo	1709.1	1885.4	1705.8	3531.2	1730.3	1700 - 4000

Nota: En esta tabla describe de acuerdo a las características físicas y mecánicas para el tránsito liviano (C), en el diseño de mezcla asfáltica patrón, adicionando Ceniza de cascarilla de oryza sativa, en porcentajes 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% de C.C.O.S, en reemplazo de filler (cemento), detallándose los resultados, en la tabla XXX y estando comprendidos dentro de los parámetros del método Marshall, se determine que todos los porcentajes adicionados en referencia al MAC-02 patrón cumplen, Pero solo el porcentaje de adición de 0.75% C.C.O.S muestra mejoras sobre la mezcla asfáltica patrón para este tipo de tránsito liviano (C).

## Resultado del desarrollo del objetivo N°05

### Contenido óptimo de asfalto, para el diseño de mezcla asfáltica patrón adicionando ceniza de cascarilla de oryza sativa

**Tabla XXXI**

Resultado de contenido óptimo de ceniza de cascarilla de oryza sativa en el asfalto

Transito Parámetros	Tránsito Pesado (A)		Transito Mediano (B)		Transito Liviano (C)	
	0.75%C.C . A	Marshall	0.75%C.C . A	Marshall	0.75%C.C . A	Marshall
N° De Golpes	75	75	50	50	35	35
% C. A	5.62		5.65		5.58	
P. Unitario	2.332		2.336		2.344	
Vacíos	4.7	3 - 5	4.5	3 - 5	4.3	3 - 5
V.M. A	17.2	14	17.1	14	16.7	14
V. LI.C.A.	73.8		74.1		74.3	
Polvo / Asfalto	0.81	0.6 - 1.3	0.81	0.6 - 1.3	0.80	0.6 - 1.3
Flujo	12.3	8 - 14	10.6	8 - 16	10	8 - 16
Estabilidad	1716.3	8.15 Kn.	1419.1	5.44 Kn.	1365.4	4.53 Kn.
Estabilidad/ Flujo	3891.7	1700 - 4000	3436.9	1700 - 4000	3531.2	1700 - 4000

Nota: Los resultados que se muestran en esta tabla de las briquetas asfálticas patrón, mencionado en la tabla XXXI de la presente investigación, cumplen con todas las especificaciones requeridas por el método Marshall. Debido a la adición la ceniza de cascarilla de oryza sativa, en MAC-2 se puede Observar que con la adición del 0.75% de C.C.O.S. es la dosificación optima ya que cumple con las especificaciones de la normativa. presentando mejoras, en sus propiedades físicas-mecánicas, con respecto a los parámetros Marshall y al MAC-2 Patrón, teniendo un contenido óptimo de asfalto para el Tránsito pesado (A) de 5.62% de C.A; transito mediano (B) 5.65% de C.A y tránsito liviano (C) un 5.58% C.A.

### 3.2. Discusión

Al haber realizado los ensayos requeridos, con la finalidad de utilizar la ceniza de cascarilla de oryza sativa, como filler o relleno mineral, para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente MAC-02 teniéndose que:

- Los agregados que se utilizaron para esta investigación, son de la cantera pluma- Batan grandes km5, de la planta de asfalto del gobierno regional de Lambayeque, obteniéndose los resultados de estos materiales en las tablas XXII Y XXIII cumpliendo con los parámetros máximos y mínimos de acuerdo a la Norma MTC EG. Con respecto a la investigación Valera [25], utilizó sus agregados de la empresa ASFALPACA, trayecto Ferreñafe km 4.5 el cual llevo su debido control de calidad, siendo de las mejores cualidades para los límites permisibles que estipula con la normativa MTC, para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente en el departamento de Lambayeque.
- De la caracterización físico-química de las cenizas cascarilla de oryza sativa mostradas en la figura N°XX y tabla N°XXVI, se pudo conocer que la temperatura de incineración que mejor comportamiento brindaba era la de 700°C, compuesta químicamente por SiO<sub>2</sub> con 70.23%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con 0.80%, CaO con 1.35%, MgO con 0.57%, y cuya sumatoria de SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> era de 71.03%, clasificándose como una puzolana de clase N según ASTM C618, asimismo, se obtuvo una humedad del 8.81% y gravedad específica de 2.67. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Mondragón y Sevillano [23], obtuvo un contenido de sílice del 79.89% y gravedad específica de 1.806 en su ceniza de cascarilla de arroz haciendo de este un valor aceptable para su incorporación en la mezcla asfáltica. Del antecedente y su resultado se infiere que las cenizas de cascarilla de arroz suelen ser tener una alta composición en sílice.
- Después de haber realizado la granulometría de cada agregado pétreo, se procedió a emplear un diseño granulométrico teórico, con la finalidad de obtener una gradación, utilizando los porcentajes retenidos de cada malla, para cada agregado. Resultando para el desempeño granulométrico del diseño convencional y con la adición de la ceniza de

cascarilla de oryza sativa, se utilizó la gradación que cumple con el MAC-02 de acuerdo con la tabla 423-03 del MTC EG, obteniéndose la combinación teórica en un 50% Ag, grueso, 49% Ag, fino y 1% Filler. Referente al antecedente [8], empleo una gradación comprendida en el MAC-02 teniendo una relación de Ag, grueso 41%; Ag fino 58% y 1% de Filler, siendo el caso del antecedente de [24], utilizó un diseño de gradación dentro del rango granulométrico del MAC-02, el cual tuvo una combinación teórica de 48% de agregado grueso, 52% de agregado fino. Para lo cual se desarrollaron estas investigaciones tomando como referencia, las combinaciones teóricas comprendidas dentro del rango granulométrico MAC-02. Obteniéndose buenos resultados igual o superior con las granulometrías que se consideraron.

- De acuerdo con la caracterización física y mecánica de las mezclas asfálticas modificada, con respecto a los resultados obtenidos hubo mejora en los 03 tipos de tránsito, liviano mediano y pesado. Al incorporar ceniza de cascarilla de oryza sativa en porcentajes de 0.25%; 0.50%; 0.75% y 1.00%, reemplazando el filler como relleno mineral en la mezcla asfáltica en caliente de acuerdo a la gradación teórica asumida, estando estos valores comprendidos dentro de los parámetros Marshall, para un tránsito pesado se obtuvo un contenido de asfalto óptimo de C.A 5.62%; % de vacíos 4.7%; estabilidad 1716.3 kg y flujo (0.01") de 12.3. con respecto al antecedente de los investigadores (Mondragón y Sevillano, 2019). Adiciono en su investigación ceniza de cascara de arroz en 1% ; 2%; 3% ;4 % y 5% en la mezcla asfáltica presentando mejoras para un tránsito pesado en un C.A de 5.78%; % de vacíos 4.7%, estabilidad 1175 kg y flujo(0.01") de 8.20, siendo el caso para el antecedente de los investigadores [26] incorporando Ceniza de cascará de arroz en 0.5%; 1.0% y 2.0% , para el tránsito pesado con un óptimo de asfalto de C.A 5.8%; % de vacíos 4.0% ; estabilidad 1639.4 kg y flujo(0.01") de 16.8, en ambos antecedentes mencionados líneas arriba, como en el desarrollo de la presente investigación, se realizó el uso de la ceniza de cascara de arroz, presentando notables mejoras de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas.

- En relación a determinar el contenido óptimo de ceniza de cascarilla de oryza sativa adicionado en la mezcla asfáltica para los tres tipos de tránsito liviano, mediano y pesado, se logró determinar para los diferentes tránsitos, que al adicionar el 0.75% de C.C.O.S, se mostraron mejoras en las características físico-mecánicas, con respecto al antecedente de Pasquel y Sovero [26] se mostró que el comportamiento de la ceniza de cascara de arroz en la mezcla asfáltica en caliente modificada, se pudo determinar mejoras al incorporar en 0.50 % C.C.O.S. mostrando mejoras en las características físico-mecánicas, como en la estabilidad, fluencia y % de vacíos. Por lo que se pudo corroborar que la adición optima de C.C.O.S está comprendida entre estos rangos, no sobrepasando el 1% de C.C.O.S, debido a la alta capacidad de contenido puzolánico. Mostrándose como una alternativa en reemplazo del filler como relleno mineral.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 4.1. Conclusiones

- Concluir que se cumplió con los requerimientos en vigencia por el MTC EG2013, para el control de calidad de los agregados, para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, de acuerdo a los ensayos realizados para el agregado fino se determinó el índice de plasticidad  $40^{\circ}$ (IP) NP, índice de plasticidad N°200 (IP), (2.09%), sales solubles 0.29%, equivalente de arena de 70%, angularidad del agregado fino 39.99% y absorción 58%. Para el agregado grueso se determinó lo siguiente; sales solubles 0.28%, partículas chatas y alargadas de 2.84%, abrasión de 12.05, durabilidad de 5.33%, caras fracturas 96/78.9 y absorción de 0.7618%.
- Se concluye que la temperatura optima de incineración de la cascarilla de oryza sativa era de 700°C, asimismo, se clasifico como una puzolana tipo N dado que la sumatoria de  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$  y con un contenido de humedad del 8.81% y gravedad especifica de 2.67.
- Se logró determinar la gradación de los agregados, para la elaboración de mezclas asfálticas convencional, estando comprendida dentro del MAC-02, de acuerdo con la normativa vigente MTC EG-2013, Tabla 423-03. cumpliendo con los parámetros Marshall, teniendo que para el tránsito pesado (A) un contenido de c.a de 5.65%, p. unitario 2.367, %vacíos 3.6, relación polvo/ asfalto 0.83, Flujo (0.01") de 12.5, estabilidad 1580 kg. Para el tránsito mediano (B) se obtuvo un contenido de c.a de 5.85%, p. unitario 2.325, % vacíos 4.8, relación Polvo/Asfalto 0.87, flujo (0.01") de 14.8, estabilidad 1173 kg y para el tránsito liviano (C) se obtuvo un contenido de c.a de 5.87, p. unitario 2.325, % vacíos 4.8, relación polvo/asfalto 0.87, flujo 15.4 y estabilidad 1067 kg.

Se realizó la adición de la ceniza de cascarilla oryza sativa en 0.25%, 0.50%,0.75% y 1.00%. cumpliendo para los tres tránsitos A, B y C. con los parámetros Marshall, pero no todos mejoran a las muestras piloto. Determinándose en el Tránsito Pesado (A), la adición en 0.50% de C.C.O.S presentó % c.a de 5.59, p. unitario de 2.339, %vacíos de 4.7, estabilidad 1724.3 kg, flujo 10.7 e índice de rigidez de 3988.9 kg/cm y al adicionar

el 0.75% de C.C.O.S presentó un % c.a de 5.62, p. unitario de 2.332, %vacíos de 4.7, estabilidad 1716.3 kg, flujo 12.3 e índice de rigidez de 3891.7 kg/cm. Concluyéndose que al adicionar 0.50% C.C.O.S y el 0.75% C.C.O.S, sobre el tránsito (A) muestran mejoras en estabilidad, flujo y el índice de rigidez, pero presentan mayor % de vacíos sobre la muestras piloto. También se determinó para el tránsito mediano (B) al adicionar el 0.50% C.C.O.S se obtuvo un % c.a de 5.25 p. unitario de 2.368, %vacíos de 4.0, estabilidad 1352.4 kg, flujo 9.3 e índice de rigidez de 3726.8 kg/cm y al adicionar el 0.75% de C.C.O.S presentó un % c.a de 5.65, p. unitario de 2.336, %vacíos de 4.5, estabilidad 1419.1 kg, flujo 10.6 e índice de rigidez de 3436.9 kg/cm. presentando mejoras en la estabilidad, flujo y el índice de rigidez, pero presentando menor cantidad de % de vacíos. Sobre las briquetas piloto. Para el tránsito liviano se determinó que en 0.75% C.C.O.S se obtuvo un % de c.a de 5.58, p. unitario 2.344, % de vacíos 4.3, estabilidad 1365.4 kg, flujo 10.0 mejorando la estabilidad y flujo, presentando menor % de vacíos con respecto a las muestras piloto, siendo esto bueno y evitando las fallas de la carpeta asfáltica.

- Se concluye que al utilizar la ceniza de cascarilla de oryza sativa, en reemplazo del filler como relleno mineral cumple al adicionar el 0.75% de C.C.O.S. para los 03 tipos de tránsito A, B y C con respecto a los parámetros Marshall y mostrando mejoras sobre la mezcla asfáltica convencional.

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar el control de calidad de los materiales, de acuerdo con la norma en vigencia del MTC EG 2013, para la elaboración de mezclas asfálticas y poder analizar si cumplen con los estándares de calidad requerido.
- Se recomienda efectuar otros análisis físicos y químicos a las cenizas de cascarilla de oryza sativa, permitiendo tener más biografía para revisar y que puedan servir en el futuro.
- Para las futuras investigaciones debería siempre realizarse la Gradación de los áridos y posteriormente realizar briquetas convencionales; para poner a prueba el comportamiento físico y mecánico de la mezcla asfáltica sin adición de nada. Esto permitirá la verificación y que cumplan con los parámetros Marshall. Y posteriormente se pueda seguir desarrollando las demás investigaciones sobre mezclas asfálticas modificadas. Teniendo ya un patrón establecido.
- Se recomienda para posteriores investigaciones, realizar más estudios sobre la adición de la ceniza de cascarilla de oryza sativa, debido a que es un material puzolánico y de alto contenido de sílice, que puede sustituir gradual o parcialmente el cemento, que se utiliza como filler, como relleno mineral de vacíos en las mezclas asfálticas.
- Se sugiere adicionar en 0.75% de ceniza de cascarilla de oryza sativa, siendo este porcentaje el óptimo sobre la mezcla asfáltica en caliente en la presente investigación, para mejorar la estabilidad, fluencia y reducir el porcentaje de vacíos, permitiendo mejorar la adherencia entre la relación polvo/asfalto. Mostrando un mejor comportamiento para el tránsito liviano; mediano y pesado. Permitiendo llegar a su tiempo de vida útil al pavimento ya que la carpeta de rodadura es la superficie, que soporta las cargas estáticas y dinámicas del tránsito vehicular, así como evitar la permeabilidad de las escorrentías de lluvias. Que, en la actualidad en la zona norte como el departamento de Lambayeque, viene siendo unas de las zonas del país que presentan más el deterioro de las carpetas asfálticas, y por ende no llegando a su tiempo de vida estimada.

## REFERENCIAS

- [1] A. Wozzuk, L. Bandura y W. Franus , «Cenizas volantes de bajo coste y respetuosas con el medio ambiente y su efecto sobre las propiedades de las mezcla asfáltica,» *Revista de producción más limpia*, vol. 235, pp. 493-502, 2019.
- [2] O. F. Lizcano Garzon y D. A. Ramos Felix, «Estudio del comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas modificadas con llenante mineral de ceniza de la cascarilla resultante de la molienda del arroz,» Bogota, 2020.
- [3] M. Farias-Xavier, W. Ferreira y V. T. F. C. Branco, «Evaluation of coal ash use as an adhesion improver in asphalt mixtures,» *Matéria*, vol. 25, nº 1, 2020.
- [4] J. E. Castillo Lopez, «Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente con adicción de un 11% por cenizas de cascara de arroz,» Chimbote, 2019.
- [5] S. Jeffry, R. Jaya, N. Abdul Hassan, H. Yaacob y M. Satar, «Mechanical performance of asphalt mixture containing nano-charcoal coconut shell ash,» *Construction and Building Materials*, vol. 173, pp. 40-48, 2018.
- [6] H. Luo, S. A. Chen, D. Lin y X. R. Cai, «Use of incinerator bottom ash in open-graded asphalt concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 149, pp. 497-506, 2017.
- [7] M. C. Parra y J. c. Gallo, «Evaluación del comportamiento del asfalto modificado con cenizas de cascarilla de arroz,» Ibagué, 2018.
- [8] R. E. Adauto, «Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz,» Lima, 2019.
- [9] J. H. Cordova Cordova y J. A. Valverde Silupu, «Uso de la ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) en el diseño de la losa del pavimento rígido de la av.chulucanas(km1+800 a2+800),» Piura, 2019.

- [10] C. S. Ramos Fernández, «Diseño de mortero empleando cenizas de cáscaras de arroz,» Pimentel, 2019.
- [11] J. Irigoín Quesquén, «Comparación entre los métodos aashto 93 e instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el ah san lorenzo -Jose Leonardo Ortiz-Chiclayo-Perú,» Chiclayo, 2018.
- [12] R. Sosa, «Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica tibia aplicando aditivo orgánico, Lima - Perú 2018»,» Lima, 2018.
- [13] L. Gutierrez Ventura , «Diseño de asfalto en caliente mejorado con el uso de cal hidratada en la Av.Camino Dibos, Ica 2017,» Lima, 2017.
- [14] J. Bojorque Iñiguez, C. Flores y M. Vásquez, «Parámetros Marshall para el control de calidad de mezclas asfálticas en caliente después de la construcción del pavimento,» Dialnet, vol. 18, nº 1, pp. 178-185, 2019.
- [15] S. Sembiring, R. Situmeang y Z. Sembiring, «Synthesis and characterization of asphalt composite precursors using amorphous rice husk silica,» Cerâmica, vol. 65, nº 374, pp. 194-199, 2019.
- [16] M. Arabani y S. Tahami, «Assessment of mechanical properties of rice husk ash modified asphalt mixture,» Construction and Building Materials, vol. 149, pp. 350-358, 2017.
- [17] T. Rengarasu, M. Juzaafi, W. Bandara y N. Jegatheesan, «Suitability of coal bottom ash and carbonized rice husk in hot mix asphalt,» Asian Transport Studies, vol. 6, p. 100013, 2020.
- [18] R. Putra Jaya, M. Rosli Hainin, N. Abdul Hassan, H. Yaacob, M. Khairul Idham Mohd Satar, M. Naqiuddin Mohd Warid, A. Mohamed, M. Ezree Abdullah y N. Irwan Ramli,

- «Marshall stability properties of asphalt mixture incorporating black rice husk ash,»  
Materials Today: Proceedings, vol. 5, nº 10, pp. 22056-22062, 2018.
- [19] M. Raja, K. R. Tapas y S. karmakar, «Experimental evaluation of rice husk ash and fly ash as alternative fillers in hot-mix asphalt,» Road Materials and Pavement Design, 2018.
- [20] E. Al-gurah y B. Al-Humeidawi, «Investigation the effect of different types of mineral fillers on mechanical properties of Hot Mix Asphalt,» 2021.
- [21] S. Tahami, M. Arabani y A. Foroutan, «Use of two biomass ashes as filler in hot mix asphalt,» 2018.
- [22] A. Loaiza, E. García y H. Colorado, «Evaluation of asphalt binder blended with coconut coir dust and residual coconut fibers for structural applications,» Revista de la construcción, vol. 17, nº 3, pp. 542-554, 2018.
- [23] E. Mondragón Pérez y W. Sevillano López, «Diseño de pavimento flexible utilizando ceniza de cascarilla de arroz para mejorar la estabilidad y flujo vial del Jr. Tupac Amaru - Morales, 2019,» Tarapoto, 2019.
- [24] D. J. Regalado Tantaleán y E. G. Regalado Tantaleán , «Influencia de la zeolita en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente mediante la metodología marshall,» Pimentel, 2018.
- [25] F. L. Valera, «Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica,» Chiclayo, 2018.
- [26] A. Pasquel Canchari y D. Sovero Hervacio, «Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente con la Incorporación de Cascarilla de Arroz en el Jr. Palmeras, Chiclayo - Lambayeque, 2019.,» Chiclayo, 2019.

- [27] VISE, «Conoce las características del asfalto,» 27 11 2020. [En línea]. Available: <https://blog.vise.com.mx/conoce-las-caracter%C3%ADsticas-del-asfalto>.
- [28] G. R. F. Castañeda, Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en la adición de un 11 % por cenizas de cáscara de, Chimbote, 2019.
- [29] T. E. I. G y C CONSTRUYA, «mantoasfalticoconstruya.com.pe,» 10 06 2021. [En línea]. Available: <https://mantoasfalticoconstruya.com.pe/productos-mantos-asfalticos/emulsiones-asfalticas-venta/>.
- [30] MTC, «Manual de Carreteras Suelos ,Geología, Geotecnia Y Pavimentos,» 09 Abril 2013. [En línea]. Available: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf).
- [31] L. O. Calva, «Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero,» Pimentel, 2020.
- [32] G. A. Yalico, «Influencia de la fibra de bagazo de caña en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica chichlayo-lambayeque,» Pimentel, 2020.
- [33] S. L. Espinoza, «Utilización del plástico pet reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad,» Huánuco, 2019.
- [34] J. E. C. Lopez, Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente con adición de un 11% de Cenizas de cascara de Arroz, Chimbote, Chimbote, 2019.
- [35] S. d. I. Á. Sinclair López y A. P. Pacheco Sánchez, «Evaluación de propiedades físico-mecánicas y durabilidad de morteros geopoliméricos sintetizados a partir de cenizas de cascarilla de arroz proveniente del trillo santa rosa,» Managua, 2016.

- [36] Manizales, «Cascarilla de arroz, prometedora para sector de la construcción,» 28 Abril 2002. [En línea]. Available: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/cascarilla-de-arroz-prometedora-para-sector-de-la-construccion>.
- [37] Asphalt Institute, Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, Lexington: Asphalt Institute MS-22, 2020.
- [38] D. A. Aguilar Velasquez, «Análisis de desempeño por humedad de una mezcla asfáltica convencional con gradación marshall y superpave,» Arequipa, 2019.
- [39] G. Baena, Metodología de la investigación, Ciudad de Mexico: 3a. ed., 2017.
- [40] E. E. Gallardo Echenique, Metodología de la Investigación, Huancayo: Universidad Continental, 2017.
- [41] R. Vasquez y P. Vigil, «Las cenizas de cáscara de arroz,» Noviembre 2000.
- [42] D. Yinfei, X. Ling, D. Haibin, D. Deyvi, H. Wu y L. Weidong, «Evaluation of thermal behavior and high-temperature performances of asphalt mixture containing fly ash cenosphere,» Construction and Building Materials, vol. 245, p. 118429, 2020.
- [43] M. Xavier, W. Ferreira y V. Branco, «Avaliação do uso de cinzas de carvão mineral como melhorador de adesividade em misturas asfálticas,» Matéria (Rio de Janeiro), vol. 25, nº 1, 2020.
- [44] M. Choi, Y. Kim, H. Kim y J. Lee, «Performance evaluation of the use of tire-derived fuel fly ash as mineral filler in hot mix asphalt concrete,» Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), vol. 7, nº 2, pp. 249-258, 2020.

- [45] D. A. Lozano, F. Molina-Gómez, J. C. Ruge, L. Á. Moreno-Anselmi y J. G. Bastidas-Martínez, «Asphalts and modified dense asphalt mixtures with rubber of military boots,» DYNA, vol. 87, nº 212, pp. 120-128, 2020.
- [46] Y. Du, L. Xu, H. Deng, D. Deng, C. Ma y W. Liu, «Characterization of thermal, high-temperature rheological and fatigue properties of asphalt mastic containing fly ash cenosphere,» Construction and Building Materials, vol. 233, p. 117345, 2020.
- [47] K. M. Acosta Mestre , «Modificación de la mezcla asfáltica mediante la incorporación de polímeros SBS en la Av. Naranjal y la Av. Alisos,» Llma, 2019.
- [48] B. N. Bravo Cabrera y J. L. Montalvo Malca , «Desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente con adición de caucho, caracterización del nuevo material,» Pimentel, 2019.
- [49] C. J. Ballena Tapia, «Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío,» Pimentel, 2016.
- [50] Y. Zhang, Z. Leng, F. Zou, L. Wang, S. Chen y D. Tsang, «Synthesis of zeolite A using sewage sludge ash for application in warm mix asphalt,» Journal of Cleaner Production, vol. 172, pp. 686-695, 2018.
- [51] P. Sena Neto, E. Amorim y M. Ingunza, «Análises de dosagens de concreto asfáltico do tipo Pré Misturado a Frio (PMF) utilizando Resíduos da Construção e Demolição de obras (RCD),» Matéria (Rio de Janeiro), vol. 24, nº 4, 2019.
- [52] Q. Chen, C. Wang, Z. Qiao y T. Guo, «Graphene/tourmaline composites as a filler of hot mix asphalt mixture: Preparation and properties,» Construction and Building Materials, vol. 239, p. 117859, 2020.

- [53] D. C. Cárdenas Villamizar, «Evaluación de la resistencia mecánica de mezclas asfálticas elaboradas con asfalto modificado con aceites lubricantes usados,» Manizales, 2017.
- [54] Y. R. Dávalos Murray, «Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: poliestireno expandido,» Arequipa, 2015.
- [55] F. K. L. Quipusco Villalobos y D. V. Villegas Villegas, «Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente,» Pimentel, 2019.
- [56] D. M. Torres Castelblanco, L. F. Mosquera Idrobo, J. Torres Agredo, S. F. Valencia Vivas, S. Gallego Restrepo y F. Alvarez Hincapie, «Estudio preliminar sobre el uso de escoria de la fundición de plomo secundario en la obtención mezclas de asfalto,» Ingeniería y desarrollo, vol. 37, nº 2, pp. 256-268, 2019.
- [57] L. Medina, M. Muniz de Farias y C. Recarey, «valuación reológica y mecánica de un aglutinante asfáltico modificado por polímeros,» Revista ingeniería de construcción, vol. 35, nº 2, pp. 170-181, 2020.
- [58] A. E. Alvarez Lugo, E. Ovalles, M. C. Rodriguez, A. F. Rodríguez, P. J. Castillo, J. C. Rivas, O. J. Reyes Ortiz y J. F. Rincón Morantes, «Calidad de adhesión y propiedades reológicas de asfaltos residuales, no modificados y nano-modificados, obtenidos de crudos pesados de pavimentación,» DYNA, vol. 86, nº 209, pp. 357-366, 2019.
- [59] L. Mardones Parra, E. Sánchez Alonso, A. Calabi Floody y G. Valdés Vidal, «Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno,» Infraestructura Vial, vol. 20, nº 36, pp. 15-24, 2018.

- [60] H. A. Rondón Quintana, M. Muniz de Farias y F. A. Reyes Lizcano, «Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión,» Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 17, nº 33, pp. 71-97, 2018.
- [61] K. E. Culqui Mas , «Evaluación de patologías frecuentes, progresiva km 2+000–km 6+000, carretera Fernando Belaúnde Terry,» Pimentel, 2020.
- [62] P. Arroyo, N. Sánchez, M. Villafuerte y R. Vivar, «Synergistic Effect of 4A Zeolite from Rice Husk Ash without Aging Time and Silane on the Adhesion Properties of a Warm Mix Asphalt,» 2020.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de consistencia de la investigación

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO – LAMBAYEQUE					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>			Módulo de finura
	Evaluar el diseño de mezclas asfálticas, adicionando cenizas de cascarilla de oryza sativa.		<b>Variable independiente</b> Ceniza de cascarilla de Oryza sativa	Características físicas y químicas	Temperatura
				% de incorporación	Análisis químico
					0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%
	<b>Objetivos Específicos:</b>				Cemento asfáltico
	Caracterización física de los agregados a utilizar en el diseño de mezcla asfáltica caliente				Agregado Fino
¿Cómo es el comportamiento de la Mezclas Asfálticas en caliente adicionando Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa, en comparación del cemento como relleno mineral utilizando el método Marshall?	Caracterización física y química de las cenizas de cascarilla de Oryza sativa optimas	La mezcla asfáltica mejorara su comportamiento con la adición de las cenizas de cascarilla de oryza sativa, Chiclayo – Lambayeque		Características físicas	Agregado Grueso
	Caracterización física y mecánica del diseño de mezcla asfáltica caliente patrón. En un 4.5%, 5% 5.5% y 6% de asfalto. Usando la metodología Marshall		<b>Variable dependiente</b> Mezcla asfáltica en caliente		Filler (Cemento)
	Caracterización física y mecánica de mezcla asfáltica caliente patrón adicionando ceniza de cascarilla de Oryza sativa en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%. En reemplazó de filler (Cemento) como relleno mineral				Fluencia
	Determinar la dosificación ideal de incorporación de cenizas de cascarilla de oryza sativa a la mezcla asfáltica en caliente			Características mecánicas	Estabilidad

## ANEXO 2. Análisis químico de las cenizas de cascarilla de oryza sativa



### INFORME DE ENSAYO N°1262-2022 RIVELAB

Emitido en Trujillo, 08 de noviembre de 2022

Pág. 1 de 1

SOLICITUD DE SERVICIO	:	291022CA
NOMBRE DEL SOLICITANTE	:	Maiky Leonardo Larrea Saldaña
TITULO DE LA TESIS	:	"Diseño de Mezcla Asfáltica Adicionando Ceniza de Cascarilla de Oryza Sativa, Chiclayo-Lambayeque"
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	:	Muestra proporcionada por el cliente
PROPOSITO DEL SERVICIO	:	Análisis físico químicos
PRODUCTO DECLARADO	:	Ceniza de cáscara de arroz
IDENTIFICACIÓN MARCA	:	S/M
CANTIDAD DE MUESTRA	:	01 bolsa con 250 g
LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:	Laboratorio-Trujillo / 2022-10-29
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS	:	2022-10-29
MUESTRA DIRIMIENTE	:	Muestra No Sujeta a Dirimencia por ser Muestra Percible y/o Muestra Unica.
FECHA DE TERMINO DE LOS ENSAYOS	:	2022-11-07

#### ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS CZ-01
HUMEDAD	&	8.81
GRAVEDAD ESPECIFICA	---	2.67
SiO <sub>2</sub>	%	70.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.80
CaO	%	1.35
MgO	%	0.57
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	71.03

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
HUMEDAD	NTP 339.127-1998 (revisada el 2019)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cálculos a partir de óxidos combinados
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gravimetría
SiO <sub>2</sub>	Gravimetría
CaO y MgO	Volumetría

Dr. JOSE RIVERO CORCUERA  
Ingeniero Químico  
R. CIP. 130519

### ANEXO 3. Ensayos de los agregados finos



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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022  
 ENSAYO: EQUIVALENTE DE ARENA  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 114 / ASTM D 2419

DETALLE		IDENTIFICACIÓN		
		01	02	03
Tamaño máximo (Pasa tamiz N°4)	mm	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación		0:00.00	0:03.00	0:06.00
Hora de salida de saturación (10')		0:10.00	0:13.00	0:16.00
Hora de entrada a decantación		0:11.00	0:14.30	0:17.30
Hora de salida a decantación (20')		0:30.28	0:34.30	0:37.00
Altura máxima de finos	pulg	4.8	4.9	4.8
Altura máxima de arena	pulg	3.5	3.2	3.30
Equivalente de arena		73.00	66.00	69.00
PROMEDIO	%		70.00	

NORMA MTC E 114	60% min	----->	<b>CUMPLE</b>
-----------------	---------	--------	---------------

**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

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

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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022  
 ENSAYO: ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 222

**DATOS DE LA MUESTRA**

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: Canteras Planta asfáltica (Gobierno Regional)  
 USO DEL MATERIAL: Agregado Fino

ENSAYO ANGULARIDAD DE AGREGADO FINO				
Nº	ENSAYO	M-1	M-2	PROMEDIO
1	Peso material + Molde (grs)	251.8	251.5	1.539
2	Peso del Molde (grs)	100.2	100.2	
3	Peso Neto del Material (grs)	151.6	151.3	
4	Volumen del molde (cc)	98.4	98.4	
5	Peso unitario (gr/cc)	1.541	1.538	

Nº	ENSAYO	M-3	M-4	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	505	505	1.436
B	Peso Frasco + agua	1235.5	1236.7	
C	Peso Frasco + agua + A	1740.5	1741.7	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco	1546.6	1547.4	
E	Vol de masa + Vol de vado = C-D	193.9	194.3	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105° C)	497.9	497.8	
G	Vol de masa = E - (A-F)	186.8	187.1	
	Pe bulk (base seca) = F/E	2.568	2.562	
	Pe bulk (base saturada) = A/E	2.604	2.599	
	Pe aparente (base seca) = F/G	2.665	2.661	
	Absorción = ((A-F)/F)*100	1.426	1.446	

Nº	ENSAYO	1	2	PROMEDIO
1	Peso específico seco (Gsb)	2.568	2.562	39.99
2	Volumen de molde (V)	98.4	98.4	
3	Peso de material en el molde (w)	151.6	151.3	
4	Angularidad de agregado fino %	40.00	39.98	

NORMA MTC E 222	30	----->	<b>CUMPLE</b>
-----------------	----	--------	---------------

**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

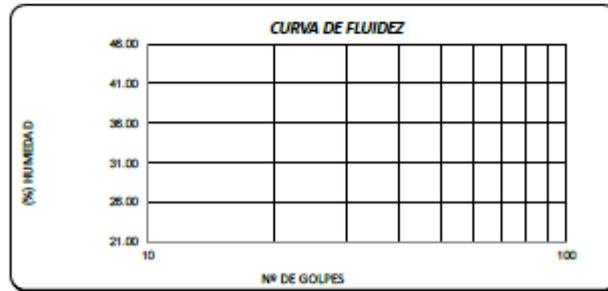


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyectar: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022  
 ENSAYO: INDICE DE PLASTICIDAD (malla N° 40)  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 111/ ASTM D 423

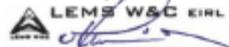
Datos de ensayo.	Límite líquido	Límite Plástico
N° de tarro	<b>NP</b>	
N° de golpes		
Tarro + suelo húmedo		
Tarro + suelo seco		
Agua		
Peso del tarro		
Peso del suelo seco		
Porcentaje de humedad		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Cubos "C", a suelo no Plástico	0
Límite Líquido	NP		
Límite Plástico	NP		
Índice de Plasticidad	NP		



**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENGRUOS DE MATERIALES Y SUELOS



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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: INDICE DE PLASTICIDAD (malla N° 200)  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 111/ ASTM D 423

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	19	7	18	5	10
N° de tarro	19	7	18		
N° de golpes	16	23	28		
Tarro + suelo húmedo	53.16	48.02	41.39	56.54	55.45
Tarro + suelo seco	49.34	45.55	40.1	52.4	52.01
Agua	3.82	2.47	1.29	4.14	3.44
Peso del tarro	36.72	37.02	35.52	36.58	39.20
Peso del suelo seco	12.62	8.53	4.58	17.82	12.81
Porcentaje de humedad	30.27	28.96	28.17	26.17	26.85

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no P	0
Límite Líquido	28.60		
Límite Plástico	26.51		
Índice de Plasticidad	2.09		



**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022  
 ENSAYO: DURABILIDAD (al sulfato de Magnesio)  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 209

AGREGADO FINO							
TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES	% DE PERDIDA DESPUES	% DE PERDIDA CORREGIDA
PASANTE	RETENIDO						
3/8"	N° 4						
N° 4	N° 8	3.4	100.0	86.4	13.60	13.60	0.46
N° 8	N° 16	4.6	100.0	88.6	11.40	11.40	0.53
N° 16	N° 30	10.3	100.0	85.2	14.80	14.80	1.53
N° 30	N° 50	24.3	100.0	85.8	14.20	14.20	3.45
N° 50	N° 100	4.8	100.0	87.9	12.10	12.10	0.58
< N° 100		13.8					
<b>TOTALES</b>						<b>6.54</b>	

**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: SALES SOLUBLES TOTALES  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 219

Calicata: Planta asfáltica (Gobierno Regional)

Agregado Fino	Muestra usada	g.	50	50
	Agua destilada usada	ml	100	100
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		2	2
02	Número de beaker		C-1	C-2
03	Masa de beaker	g.	109.584	109.652
04	Masa de beaker + residuo de sales	g.	109.655	109.725
05	Masa de residuo de sales	(4)-(3) g.	0.071	0.073
06	Volumen de la solución tomada	ml	50	50
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ ppm	2840	2920
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(7) / 10000 (%)	0.28	0.29
			PROMEDIO (ppm) =	2880
			PROMEDIO (%) =	0.29
			NORMA MTC E 219 (%)	0.5 <b>CUMPLE</b>

**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C E.I.R.L.**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: TESIS "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022  
 ENSAYO: ABSORCIÓN  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 205

Muestra : Agregado Fino

Carreta : Planta asfáltica (Gobierno Regional)

**I. DATOS**

		F-2	F-3
1.- Masa de la arena superficialmente seca	(gr)	500.0	500.0
2.- Peso frasco + agua	(gr)	679.6	678.3
3.- Masa de la arena superficialmente seca + masa del frasco + masa del agua	(gr)	986.6	988.7
4.- Masa de la arena secada al horno	(gr)	498.5	497.1

**II.- RESULTADOS**

				PROMEDIO
1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.583	2.622	2.602
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.591	2.637	2.614
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.603	2.663	2.633
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.30	0.58	0.442

**Observaciones :**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



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



Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: ABRASIÓN LOS ÁNGELES  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E207

Cantera: Gobierno Regional Lambayeque-Batan Grande.

TAMIZ	GRADACIÓN			
	A	B	C	D
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"		2507		
3/8"		2508		
1/4"				
N°4				
Peso inicial		5013		
Número de esferas		11		
Número de revoluciones		500		
Peso Mat/Ret. En la malla N°				
Peso Mat. Pasa malla N° 12		604		
Porcentaje Desgaste		12.05%		

**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Ángel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246994

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
Proyecto: Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: ADHERENCIA  
NORMA DE REFERENCIA: MTC E 517

CUBRIMIENTO DE LOS AGREGADOS CON MATERIAL ASFÁLTICO EN PRESENCIA DEL AGUA (STRIPPING)

IDENTIFICACIÓN	REVESTIMIENTO (%)	CUBRIMIENTO (%)
Cantera	100	+ 95.00
Gobierno Regional Lambayeque-		

Tipo de asfalto: PEN 60/70.

OBSERVACIONES

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 221/ ASTM D 4791

TAMIZ (Pulg.)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTÍCULAS CHATAS	PESO DE PARTÍCULAS ALARGADAS	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
	PESO RET. (g)	(%) RET.					
2" - 1 1/2"							
1 1/2" - 1"							
1" - 3/4"							
3/4" - 1/2"	629.4	16.64	10.8	0.0		1.72	0.29
1/2" - 3/8"	1225.8	32.40	14.5	3.7		1.48	0.48
3/8" - 1/2"	1927.7	50.96	74.8	3.7		4.07	2.08
	3783						

<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>2.84</b>
------------------------------------------	-------------

OBSERVACIONES

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante:** MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
**Proyecto:** Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
**Ubicación:** Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción:** 20 de mayo 2022  
**ENSAYO:** CARAS FRACTURADAS  
**NORMA DE REFERENCIA:** MTC E 210

A. Partículas con una cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C'D
1 1/2"	1"	3000				
1"	3/4"	1200				
3/4"	1/2"	500	480.5	96.10	10.0	961.0
1/2"	3/8"	300	287.6	95.87	6.0	575.2
TOTAL		5000	768.1			

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA	$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	=	$\frac{1536.2}{16.0}$	=	96.0 %
------------------------------------	-----------------------------------------	---	-----------------------	---	--------

A. Partículas con 2 caras fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C'D
1 1/2"	1"	3000				
1"	3/4"	1200				
3/4"	1/2"	500	385.3	77.06	10.0	770.6
1/2"	3/8"	300	245.8	81.93	6.0	491.6
TOTAL		5000	631.1			

PORCENTAJE CON 2 CARAS FRACTURADA	$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	=	$\frac{1262.2}{16.0}$	=	78.9 %
-----------------------------------	-----------------------------------------	---	-----------------------	---	--------

**OBSERVACIONES**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C E.I.R.L.**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. EN CIENCIAS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246994

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: SALES SOLUBLES TOTALES  
 NORMA DE REFERENCIA: MTC E 219

Calicata	Gobierno Regional Lambayeque-Batan Grande.	Muestra usada	g.	50	50
		Agua destilada usada	ml	100	100
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada			2	2
02	Número de beaker			C-1	C-2
03	Masa de beaker		g.	109.195	109.222
04	Masa de beaker + residuo de sales		g.	109.265	109.294
05	Masa de residuo de sales	(4)-(3)	g.	0.070	0.072
06	Volumen de la solución tomada		ml	50	50
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$	ppm	2800	2880
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	$(7) / 10000$	(%)	0.28	0.29
				PROMEDIO (ppm) =	2840
				PROMEDIO (%) =	0.28

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante: MAIKY LEONARDO, LARREA SALDAÑA  
 Proyecto: Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción: 20 de mayo 2022

ENSAYO: AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.  
 NORMA DE REFERENCIA: N.T.P. 400.021/ MTC E 206

1.- Masa de la muestra secada al horno	(gr)	1967	1969
2.- Masa de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	1982	1984
3.- Masa de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	2281	2285
4.- Masa de la canastilla	(gr)	1026	1026
5.- Masa de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	1255	1259

## II.- RESULTADOS

			PROMEDIO
1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.706	2.716
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.726	2.737
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.763	2.773
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.763	0.762

### OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



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



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## ANEXO 5. Ensayos de los agregados combinados



**LEMS W&C** FIRI

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

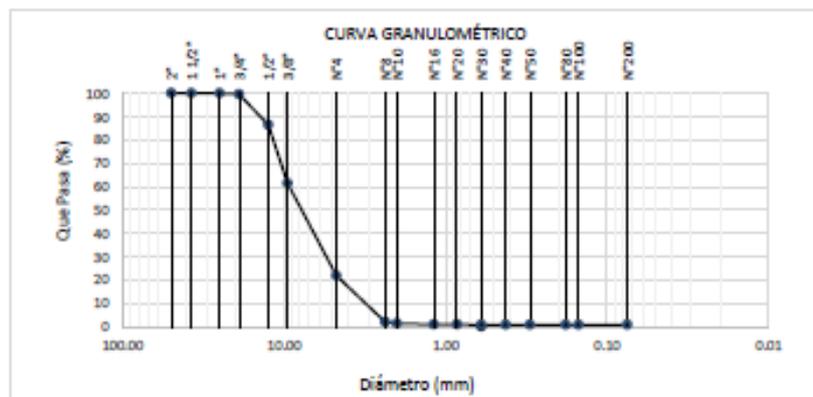
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswceir@gmail.com

Solicitante : LARREA SALDAÑA, MAIKY LEONARDO  
 Proyecto : Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 20 de Junio del 2022.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Agregado Grueso

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.3	0.3	99.7
1/2"	12.500	13.2	13.5	86.5
3/8"	9.500	25.0	38.5	61.5
Nº 4	4.750	39.7	78.2	21.8
Nº 8	2.360	19.9	98.1	1.9
Nº 10	2.000	0.5	98.7	1.3
Nº 16	1.180	0.4	99.1	0.9
Nº 20	0.850	0.1	99.1	0.9
Nº 30	0.600	0.1	99.2	0.8
Nº 40	0.425	0.0	99.2	0.8
Nº 50	0.300	0.0	99.2	0.8
Nº 80	0.180	0.0	99.2	0.8
Nº 100	0.150	0.0	99.3	0.7
Nº 200	0.075	0.0	99.3	0.7



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


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

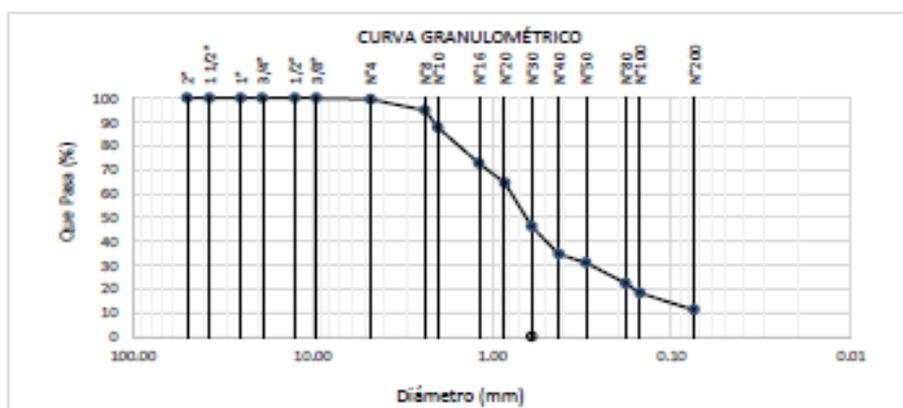
  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : LARREA SALDAÑA, MAIKY LEONARDO  
 Proyecto : Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 20 de Junio del 2022.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Agregado Fino

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.6	0.6	99.4
Nº 8	2.360	4.6	5.2	94.8
Nº 10	2.000	7.1	12.3	87.7
Nº 16	1.180	15.1	27.3	72.7
Nº 20	0.850	8.2	35.5	64.5
Nº 30	0.600	18.3	53.8	46.2
Nº 40	0.425	11.7	65.4	34.6
Nº 50	0.300	3.5	68.9	31.1
Nº 80	0.180	8.7	77.7	22.3
Nº100	0.150	4.0	81.7	18.3
Nº200	0.075	7.1	88.8	11.2



Observaciones:

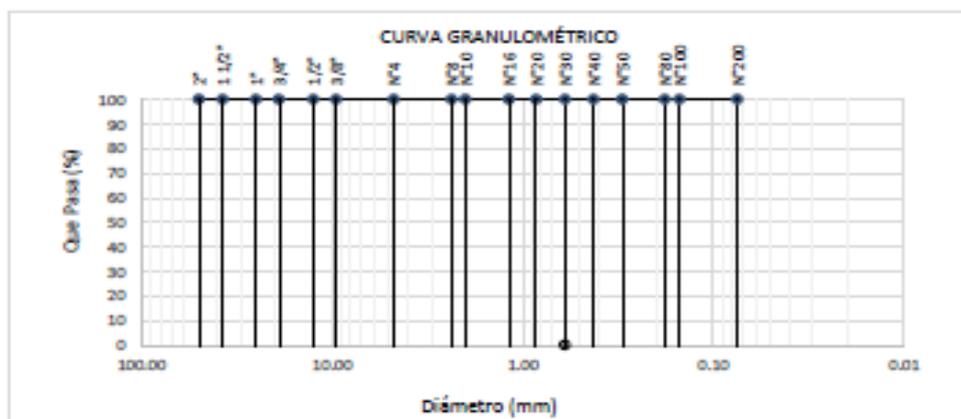
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

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

Solicitante : LARREA SALDAÑA, MAIKY LEONARDO  
 Proyecto : Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 20 de Junio del 2022.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del Relleno Mineral MTC E 216  
 NORMA : N.T.P. 400.012  
 Muestra : Filler Relleno Mineral

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
Pulg.	(mm.)			
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0
Nº 10	2.000	0.0	0.0	100.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0
Nº 20	0.850	0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0
Nº 40	0.425	0.0	0.0	100.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0
Nº 80	0.180	0.0	0.0	100.0
Nº100	0.150	0.0	0.0	100.0
Nº200	0.075	0.0	0.0	100.0



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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



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



**LEMS W&C EIRL**

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 80508589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

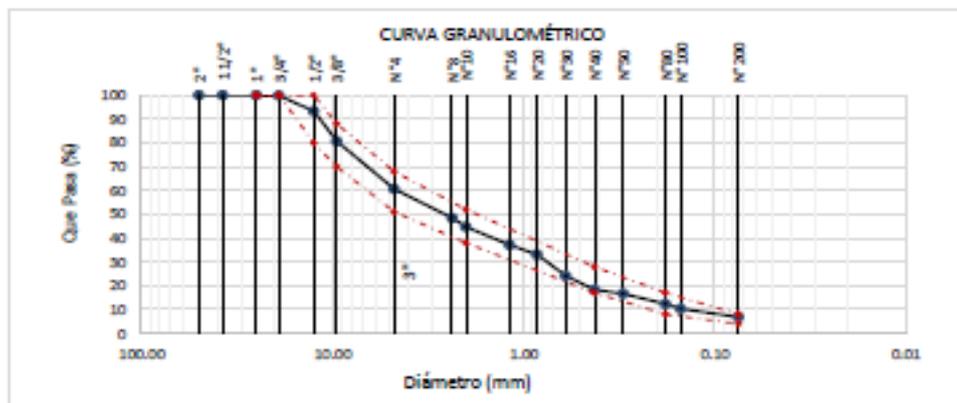
Email: lemswceir@gmail.com

Solicitante : LARREA SALDAÑA, MAIKY LEONARDO  
 Proyecto : Tesis "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 20 de Junio del 2022.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 50% + A. Fino 49%

Malla		50	40	1	100	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa				
		A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	99.7	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.500	86.5	100.0	100.0	93.3	80 - 100
3/8"	9.500	61.5	100.0	100.0	80.7	70 - 88
Nº 4	4.750	21.8	99.4	100.0	60.6	51 - 68
Nº 8	2.360	1.9	94.8	100.0	48.4	
Nº 10	2.000	1.3	87.7	100.0	44.6	38 - 52
Nº 16	1.180	0.9	72.7	100.0	37.1	
Nº 20	0.850	0.9	64.5	100.0	33.0	
Nº 30	0.600	0.8	46.2	100.0	24.1	
Nº 40	0.425	0.8	34.6	100.0	18.3	17 - 28
Nº 50	0.300	0.8	31.1	100.0	16.6	
Nº 80	0.180	0.8	22.3	100.0	12.3	8 - 17
Nº100	0.150	0.7	18.3	100.0	10.4	
Nº200	0.075	0.7	11.2	100.0	6.9	4 - 8



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

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

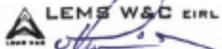
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES

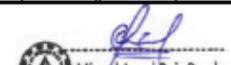
**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 1559)**

AGREGADOS %	Piedra 50	C.C.O.S 0	Arena 49	Filler 1	Total 100	Tamices ASTM % pasa Material					No 4 60.61	No 10 44.65	No 40 18.33	No 80 12.32	No 200 6.90				
						1"	3/4"	1/2"	3/8"	3"									
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1	% C.A. en masa de la Mezcla						4.50			5			5.5		6				
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						47.75			47.50			47.25		47.00				
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						46.80			46.55			46.31		46.06				
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa						0.00			0.00			0.00		0.00				
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.96			0.950			0.945		0.940				
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019			1.019			1.019		1.019				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc						2.711			2.711			2.711		2.711				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.602			2.602			2.602		2.602				
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)						2.67			2.67			2.67		2.67				
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.14			3.14			3.14		3.14				
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																		
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																		
13	Altura promedio de la briqueta (cm)						6.40	6.35	6.35	6.15	6.26	6.20	6.10	6.06	6.48	6.02	6.20	5.99	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)						1208.65	1204.11	1206.83	1204.98	1208.72	1205.87	1206.03	1210.38	1210.82	1206.72	1207.28	1206.95	
15	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)						1211.63	1206.78	1210.20	1207.15	1211.27	1210.30	1209.31	1213.50	1213.15	1208.68	1211.84	1208.06	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)						688.78	672.50	679.71	685.42	685.27	683.77	688.03	689.70	684.69	693.32	686.92	695.48	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)						523	534	530	522	526	527	521	524	528	515	525	513	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta						2.312	2.254	2.275	2.310	2.298	2.290	2.314	2.311	2.291	2.342	2.300	2.355	
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)							2.497		2.490			2.458				2.436		
20	% de Vacios (ASTM D 3203)						7.4	9.7	8.9	7.2	7.7	8.0	5.9	6.0	6.8	3.9	5.6	3.3	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total							2.660		2.660			2.660				2.660		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total							2.680		2.695			2.678				2.673		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado							0.29		0.49			0.26				0.19		
24	% de Asfalto Efectivo							4.23		4.53			5.26				5.82		
25	Relación Polvo/Asfalto							0.6		0.7			0.8				0.8		
26	V.M.A.							19.1	18.3	17.5	17.9	18.2	17.8	17.9	18.6	17.3	18.7	16.8	
27	% Vacios llenos con C.A.							49.0	51.5	58.6	57.0	55.9	67.0	66.6	63.5	77.5	70.2	80.1	
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)							16.0	14.0	12.5	17.4	15.2	16.5	15.5	14.0	12.5	18.0	16.2	17.5
29	Estabilidad sin corregir (Kq)							1066.5	1210.0	1032.0	1284.5	1279.5	851.0	761.5	1013.0	676.0	1301.5	1175.5	1207.5
30	Factor de estabilidad							0.99	1.00	1.00	1.05	1.02	1.04	1.07	1.08	0.97	1.09	1.04	1.10
31	Estabilidad Correjada							1053	1212	1032	1352	1310	883	813	1095	654	1425	1220	1333
32	Estabilidad / Flujo							1672	2198	2097	1979	2189	1359	1333	1986	1329	2010	1912	1935

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA,

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TFC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

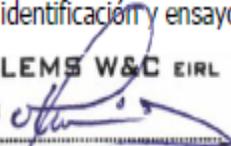
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	627.0	693.0	693.0	693.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2892.0	2947.0	2947.0	2947.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2093.0	2152.0	2139.0	2130.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4088.0	4130.0	4125.0	4120.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1995.0	1980	1986.0	1990.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	799.0	795.0	808.0	817.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.497	2.490	2.458	2.436
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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




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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Malky Leonardo

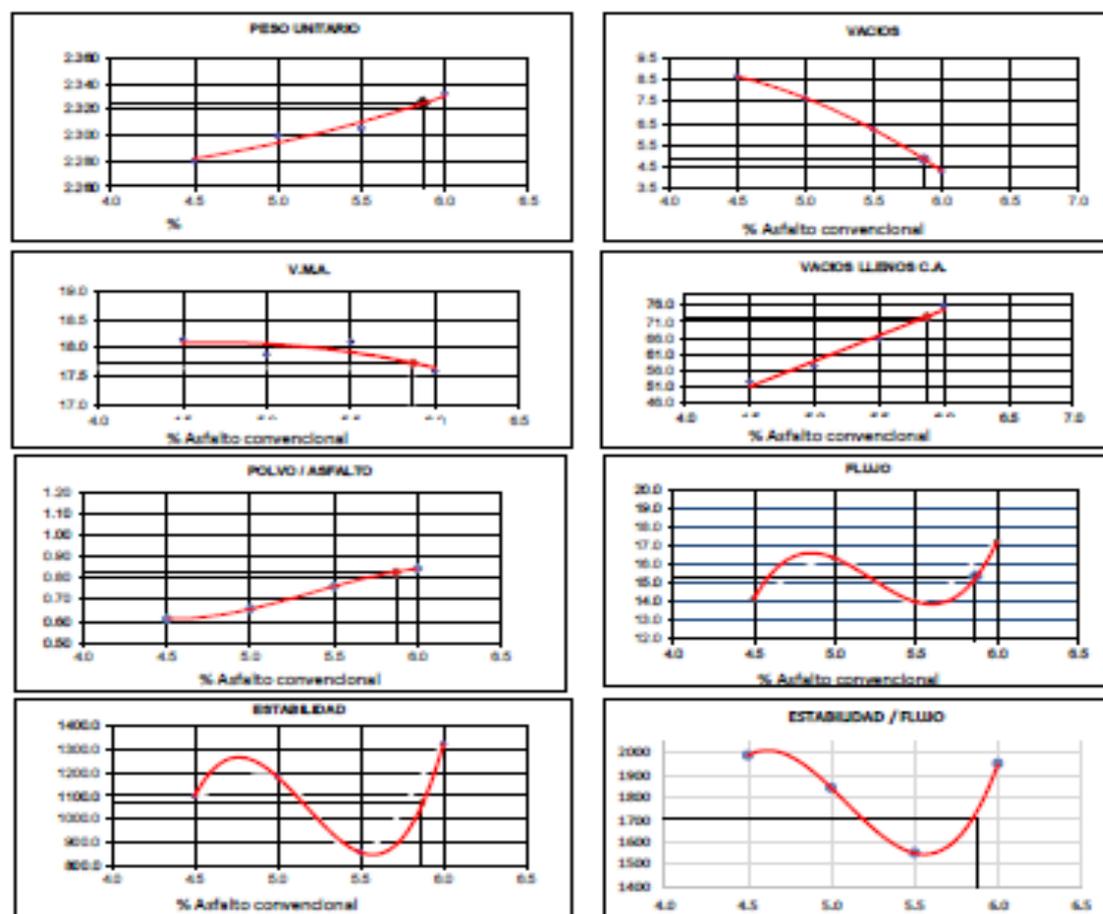
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T-35 GOLPES



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	35	35
% C.A.	5.87	
P. UNITARIO	2.325	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	17.7	14.0
V.L.L.C.A.	72.6	
POLVO/ASFALTO	0.83	0.8 - 1.3
FLUJO	15.4	8-20
ESTABILIDAD	1067.2	4.53 kN
ESTABILIDAD FLUJO	1709.1	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
	50	0	49	1	100	% pasa Material						100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90	
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla						4.50			5			5.5					6			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						47.75			47.50			47.25					47.00			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						46.80			46.55			46.31					46.06			
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa						0.00			0.00			0.00					0.00			
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.96			0.960			0.945					0.940			
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019			1.019			1.019					1.019			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.711			2.711			2.711					2.711			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.602			2.602			2.602					2.602			
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)						2.67			2.67			2.67					2.67			
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.14			3.14			3.14					3.14			
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																				
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																				
13	Altura promedio de la briquea (cm)						6.30	6.22	6.35	6.24	6.39	6.33	6.18	6.28	6.15			6.10	6.15	6.05	
14	Masa de la briquea al aire (gr)						1202.91	1200.63	1210.09	1205.33	1208.33	1207.03	1204.35	1204.96	1200.51			1210.90	1201.50	1201.39	
15	Masa de la briquea al agua por 60'(gr)						1206.98	1203.99	1217.20	1207.46	1213.35	1211.64	1205.96	1209.56	1204.39			1211.97	1203.53	1203.10	
16	Masa de la briquea desplazada (gr)						681.19	679.38	680.51	682.22	673.57	682.81	686.44	680.87	682.56			697.72	689.23	688.04	
17	Volumen de la briquea por desplazamiento (cc)						526	525	537	525	540	529	520	529	522			514	514	515	
18	Peso especifico Bulk de la Briquea						2.288	2.289	2.255	2.295	2.239	2.282	2.318	2.279	2.301			2.355	2.336	2.333	
19	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)							2.497			2.490			2.458				2.436			
20	% de Vacíos (ASTM D 3203)						8.4	8.3	9.7	7.8	10.1	8.3	5.7	7.3	6.4			3.3	4.1	4.2	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total							2.660			2.660			2.660				2.660			
22	Peso Especifico Efectivo Agregado Total							2.680			2.695			2.678				2.673			
23	Asfalto Absorbido por el Agregado							0.29			0.49			0.26				0.19			
24	% de Asfalto Efectivo							4.23			4.53			5.26				5.82			
25	Relación Polvo/Asfalto							0.6			0.7			0.8				0.8			
26	V.M.A.						17.9	17.8	19.1	18.0	20.1	18.5	17.6	19.0	18.3			16.8	17.4	17.6	
27	% Vacíos llenos con C.A. = 100x(24-18)/24						53.1	53.2	49.1	56.6	49.6	54.9	67.8	61.8	64.9			80.1	76.5	75.8	
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)						12.0	14.0	12.0	14.5	15.5	16.5	13.1	13.4	14.5			17.0	16.2	17.5	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)						1196.0	1160.5	954.0	1169.0	713.5	993.0	1053.0	1014.0	1025.5			1177.5	1156.3	1048.5	
30	Factor de estabilidad						1.01	1.03	1.00	1.02	0.99	1.01	1.04	1.01	1.05			1.07	1.05	1.08	
31	Estabilidad Corregida						1211	1200	954	1197	707	999	1100	1026	1079			1258	1217	1136	
32	Estabilidad / Flujo						2563	2177	2019	2098	1159	1538	2133	1945	1891			1879	1908	1649	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA,



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



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIB 746004

### INFORME

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

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

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

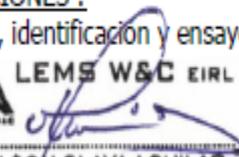
**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES

<b>INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)</b>				
<b>MUESTRA N°</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
1.- PESO DEL FRASCO	627.0	693.0	693.0	693.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2892.0	2947.0	2947.0	2947.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2093.0	2152.0	2139.0	2130.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4088.0	4130.0	4125.0	4120.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1995.0	1980	1986.0	1990.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	799.0	795.0	808.0	817.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.497	2.490	2.458	2.436
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maliky Leonardo

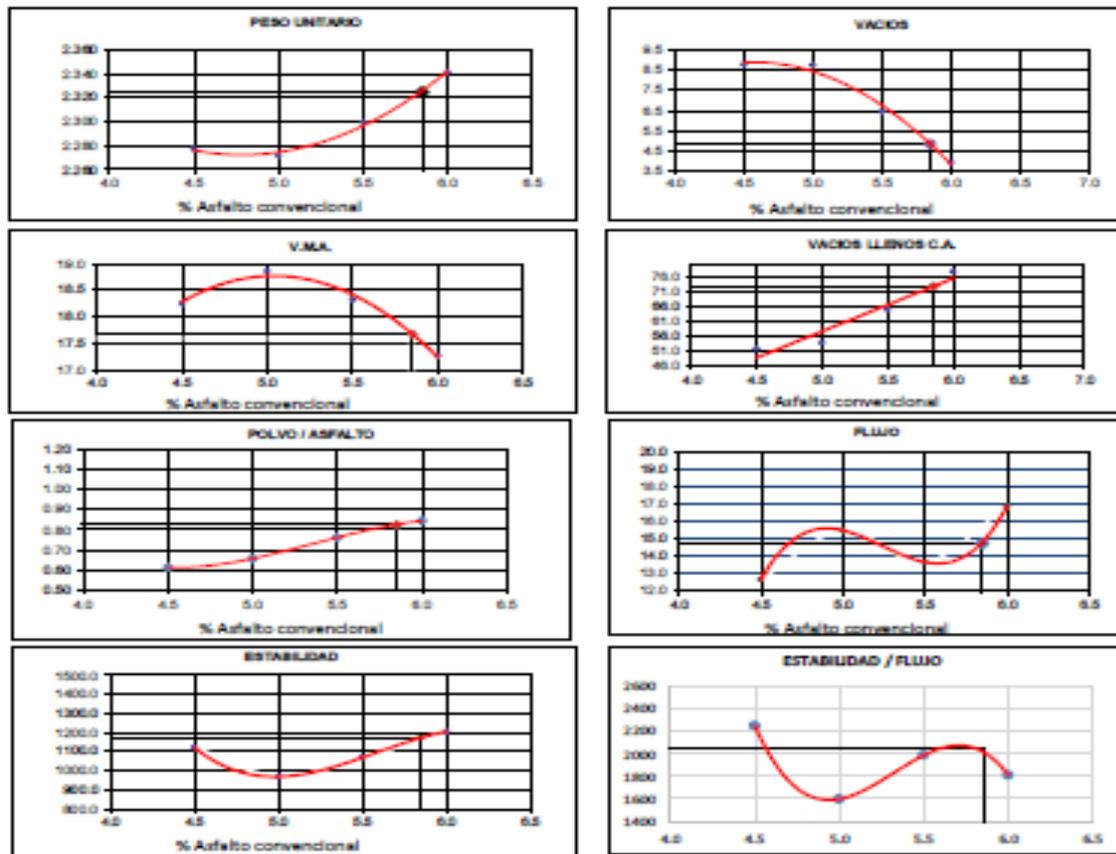
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	50
% C.A.	5.85	
P. UNITARIO	2.325	
VACIOS	4.8	9 - 9
V.M.A.	17.7	14.0
V.L.L.C.A.	72.5	
POLVO/ASFALTO	0.82	0.8 - 1.3
FLUJO	14.8	8-16
ESTABILIDAD	1173.0	5.44 KN.
ESTABILIDAD/FLUJO	2043.9	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha : 15 de Junio del 2022  
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.A	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 4	No 10	No 40	No 80	No 200				
						% pasa Material														
%	50	0	49	1	100	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200						
						100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90						
<b>BRQUETA N°</b>						1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5.5				6						
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75				47.25				47.00						
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					45.80				45.55				45.05						
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.00				0.00				0.00						
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.96				0.950				0.940						
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019				1.019				1.019						
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.711				2.711				2.711						
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602				2.602				2.602						
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67				2.67				2.67						
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14				3.14				3.14						
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																			
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																			
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.20	6.26	6.15		6.04	5.99	5.99		6.10	6.05	6.08		6.03	6.00	6.03
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1201.94	1204.51	1202.35		1206.24	1207.75	1201.59		1208.01	1203.78	1206.95		1200.00	1203.98	1209.56
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1203.11	1211.04	1209.50		1207.51	1208.78	1203.34		1209.77	1205.29	1208.06		1203.72	1204.71	1212.32
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					682.37	684.52	685.92		695.32	695.93	692.12		696.45	694.44	695.48		696.84	697.56	699.75
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					521	527	524		512	513	511		513	511	513		507	507	513
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.308	2.288	2.296		2.355	2.355	2.350		2.353	2.356	2.355		2.367	2.374	2.360
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.497			2.490				2.458					2.436	
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					7.6	8.4	8.0		5.4	5.4	5.6		4.3	4.1	4.2		2.8	2.5	3.1
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.660			2.660				2.660					2.660	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.680			2.695				2.678					2.673	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.29			0.49				0.26					0.19	
24	% de Asfalto Efectivo						4.23			4.53				5.26					5.82	
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7				0.8					0.8	
26	V.M.A.					17.1	17.9	17.6		15.9	15.9	16.1		16.4	16.3	16.4		16.3	16.1	16.6
27	% Vacios llenos con C.A.					55.9	53.1	54.2		65.9	65.9	65.1		74.0	74.6	74.3		82.8	84.2	81.2
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)					13.5	12.2	13.0		13.5	12.5	14.0		12.3	12.0	12.7		14.5	16.2	15.5
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1615.5	1314.0	1259.0		1804.5	1801.0	1633.5		1613.5	1466.5	1618.0		1413.0	1596.0	1099.5
30	Factor de estabilidad					1.04	1.02	1.05		1.09	1.10	1.10		1.07	1.09	1.08		1.09	1.10	1.09
31	Estabilidad Corregida					1676	1345	1325		1961	1988	1801		1726	1592	1741		1542	1755	1200
32	Estabilidad / Flujo					3154	2801	2589		3690	4040	3267		3564	3369	3482		2702	2751	1967

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA,  
CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

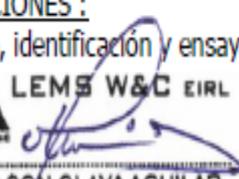
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	627.0	693.0	693.0	693.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2892.0	2947.0	2947.0	2947.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2093.0	2152.0	2139.0	2130.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4088.0	4130.0	4125.0	4120.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1995.0	1980	1986.0	1990.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	799.0	795.0	808.0	817.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.497	2.490	2.458	2.436
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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

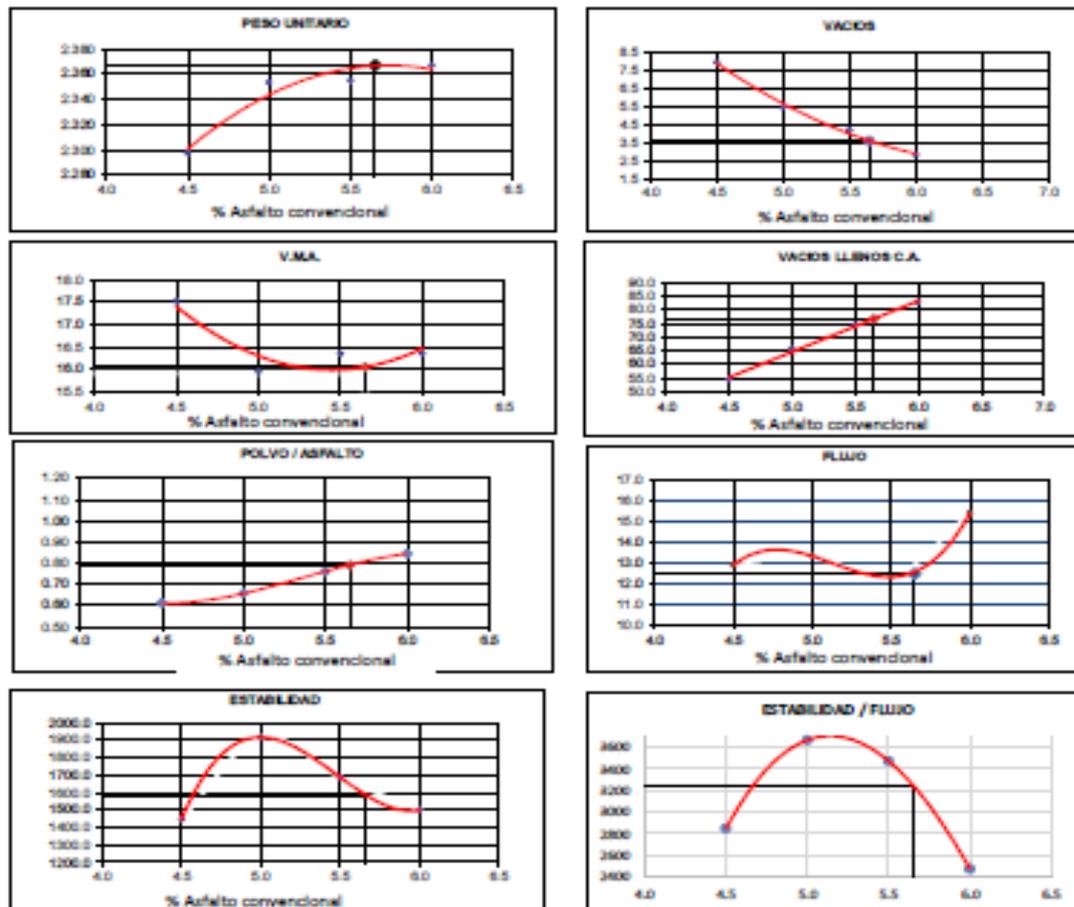


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C.A.	5.65	
P. UNITARIO	2.367	
VACIOS	3.8	3 - 5
VMA	16.1	14.0
V.LL.CA.	76.8	
POLVO/ASFALTO	0.79	0.8 - 1.3
FLUJO	12.5	8-14
ESTABILIDAD	1580.0	8.15 kN
ESTABILIDAD/FLUJO	3247.2	1700 - 4000

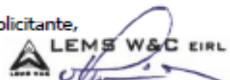
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha : 15 de Junio del 2022  
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.25% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM					No 4	No 10	No 40	No 80	No 200				
						% pasa Material													
%	50	0.25	49	0.75	100	1"	3/4"	1/2"	3/8"	100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90	
BRIQUETA N°						1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla						4.50				5			5.5				6	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						47.75			47.50				47.25				47.00	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						46.80			46.55				46.31				46.06	
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa						0.24			0.24				0.24				0.24	
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.72			0.713				0.709				0.705	
6	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019			1.019				1.019				1.019	
7	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.711			2.711				2.711				2.711	
8	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.602			2.602				2.602				2.602	
9	Peso específico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)						2.67			2.67				2.67				2.67	
10	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.14			3.14				3.14				3.14	
11	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																		
12	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																		
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.15	6.15	6.19		6.29	6.08	6.27	6.10	6.19	6.25	6.28	6.05	6.00	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1204.07	1210.81	1186.91		1194.70	1195.05	1197.00	1204.43	1195.75	1182.38	1191.79	1169.60	1180.20	
15	Masa de la briqueta al agua por 60''(gr)					1204.34	1211.69	1188.37		1196.00	1195.68	1197.79	1205.58	1196.19	1183.36	1192.48	1170.52	1180.42	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					685.80	690.19	672.30		671.48	683.63	673.06	687.99	678.52	665.38	674.55	666.78	680.26	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					519	522	516		525	512	525	518	518	518	518	504	500	
18	Peso específico Bulk de la Briqueta					2.322	2.322	2.300		2.278	2.334	2.281	2.327	2.310	2.283	2.301	2.322	2.360	
19	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)						2.494				2.486			2.454			2.434		
20	% de Vacíos (ASTM D 3203)					6.9	6.9	7.8		8.4	6.1	8.2	5.2	5.9	7.0	5.5	4.6	3.1	
21	Peso Específico Bulk Agregado Total						2.659				2.659			2.659			2.659		
22	Peso Específico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)						2.677				2.690			2.673			2.671		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.25				0.44			0.20			0.17		
24	% de Asfalto Efectivo						4.26				4.58			5.31			5.84		
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6				0.7			0.8			0.8		
26	V.M.A.					16.6	16.6	17.4		18.6	16.6	18.5	17.3	17.9	18.9	18.7	17.9	16.6	
27	% Vacíos llenos con C.A.					58.5	58.4	55.3		55.0	63.2	55.5	70.1	67.2	63.0	70.7	74.3	81.6	
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					15.0	14.0	14.5		12.7	12.3	16.5	12.0	13.5	14.0	12.0	14.0	14.2	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1050.5	1079.8	1058.8		1106.0	1097.0	1059.0	853.0	749.8	883.8	1007.5	1099.8	830.5	
30	Factor de estabilidad					1.05	1.05	1.04		1.02	1.08	1.02	1.07	1.04	1.03	1.02	1.08	1.10	
31	Estabilidad Corregida					1103	1138	1103		1123	1180	1080	912	780	907	1025	1192	913	
32	Estabilidad / Flujo					1868	2065	1932		2245	2437	1663	1931	1467	1646	2170	2162	1633	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,  
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

### INFORME

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

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

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

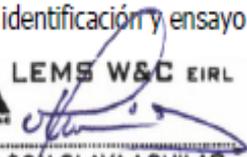
**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.25% C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	544.0	544.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2858.0	2858.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2058.0	2059.0	2084.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4056.0	4045.0	4057.0	4053.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2000.0	1986	1993.0	1998.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	802.0	799.0	812.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.494	2.486	2.454	2.434
CONTENIDO % C.A	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Malvy Leonardo

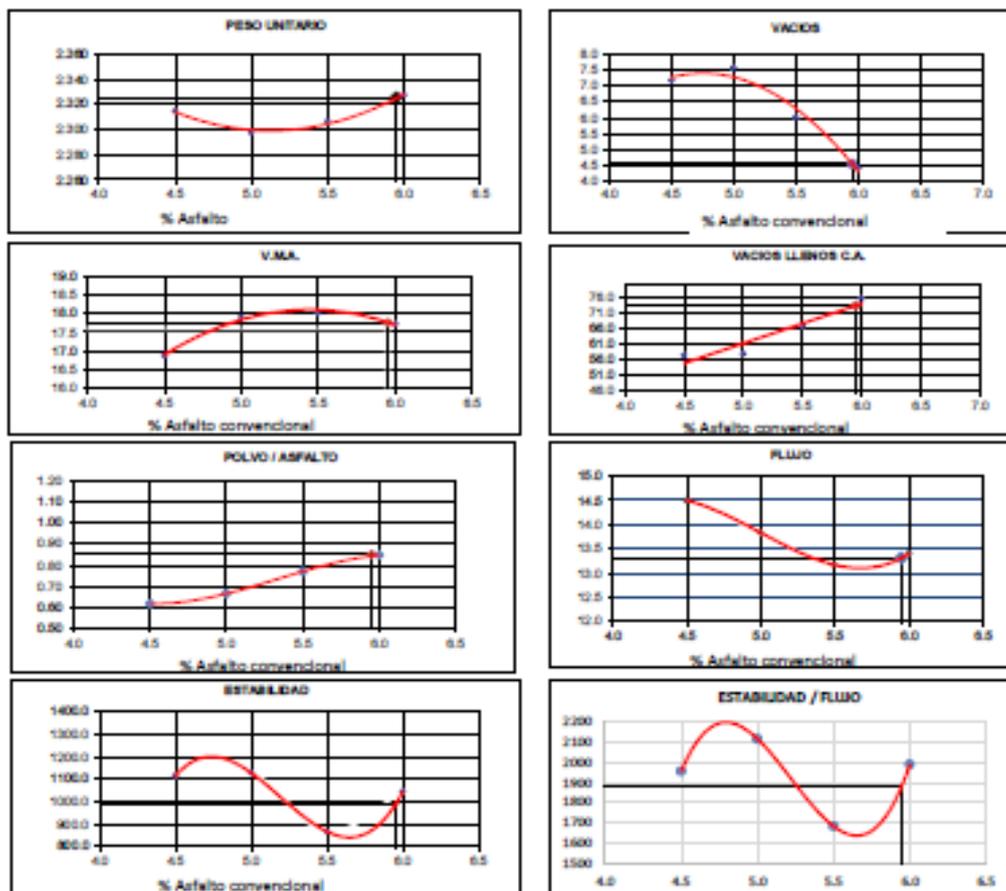
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T-35 GOLPES ; INC. (0.25% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	35	35
% C.A.	5.95	
P. UNITARIO	2.325	
VACIOS	4.5	3 - 5
V.M.A.	17.8	14.0
V. L.L.C.A.	73.3	
POLVO / ASFALTO	0.85	0.8 - 1.3
FLUJO	13.3	8-20
ESTABILIDAD	984.0	4.53 kN
ESTABILIDAD / FLUJO	1885.4	1700 - 4000

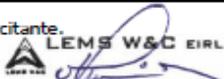
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldía, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.25% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	50	0.25	49	0.75	100	100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90			
<b>BRIQUETA N°</b>						1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla						4.50			5			5.5		6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						47.75			47.50			47.25		47.00		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						46.80			46.55			46.31		46.06		
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa						0.24			0.24			0.24		0.24		
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.72			0.713			0.709		0.705		
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019			1.019			1.019		1.019		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.711			2.711			2.711		2.711		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.602			2.602			2.602		2.602		
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)						2.67			2.67			2.67		2.67		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.14			3.14			3.14		3.14		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.40	6.31	6.20	6.30	6.28	6.34	6.20	6.24	5.45	6.14	6.24	6.24
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1199.95	1202.96	1203.58	1206.09	1201.02	1197.53	1198.14	1185.83	1149.49	1188.16	1211.34	1184.53
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1203.92	1205.02	1209.92	1209.70	1203.71	1201.07	1200.53	1188.03	1151.45	1188.77	1212.65	1190.45
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					672.17	688.12	680.53	683.40	679.70	671.49	684.17	680.97	596.66	679.67	689.89	678.63
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					532	517	529	526	524	530	516	507	555	509	523	512
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.257	2.327	2.274	2.292	2.292	2.261	2.320	2.339	2.072	2.334	2.317	2.314
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.494			2.486			2.454			2.434	
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					9.5	6.7	8.8	7.8	7.8	9.0	5.4	4.7	15.6	4.1	4.8	4.9
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.659			2.659			2.659			2.659	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.677			2.690			2.673			2.671	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.25			0.44			0.20			0.17	
24	% de Asfalto Efectivo						4.26			4.58			5.31			5.84	
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7			0.8			0.8	
26	V.M.A.					19.0	16.4	18.3	18.1	18.1	19.2	17.5	16.9	26.4	17.5	18.1	18.2
27	% Vacios llenos con C.A.					49.8	59.3	51.8	56.9	56.9	53.0	68.9	72.2	41.0	76.5	73.5	73.0
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					12.7	14.0	12.5	14.8	13.5	14.0	12.5	13.0	11.5	12.8	13.2	13.6
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					800.8	962.5	948.5	930.5	998.8	1087.0	1068.8	1140.5	1102.0	1190.0	1036.0	1181.5
30	Factor de estabilidad					0.99	1.01	1.04	1.01	1.02	1.00	1.04	1.03	1.30	1.06	1.03	1.03
31	Estabilidad Corregida					791	972	984	942	1016	1091	1109	1172	1433	1256	1064	1214
32	Estabilidad / Flujo					1582	1764	2000	1617	1912	1980	2253	2290	3165	2493	2048	2267

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



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

### INFORME

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

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

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

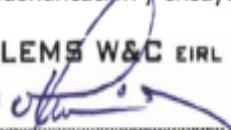
**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.25%C.C.O.S)

<b>INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)</b>				
<b>MUESTRA N°</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
1.- PESO DEL FRASCO	544.0	544.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2858.0	2858.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2056.0	2059.0	2064.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4056.0	4045.0	4057.0	4053.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2000.0	1986	1993.0	1998.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	802.0	799.0	812.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.494	2.486	2.454	2.434
<b>CONTENIDO % C.A.</b>	<b>4.50</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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




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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

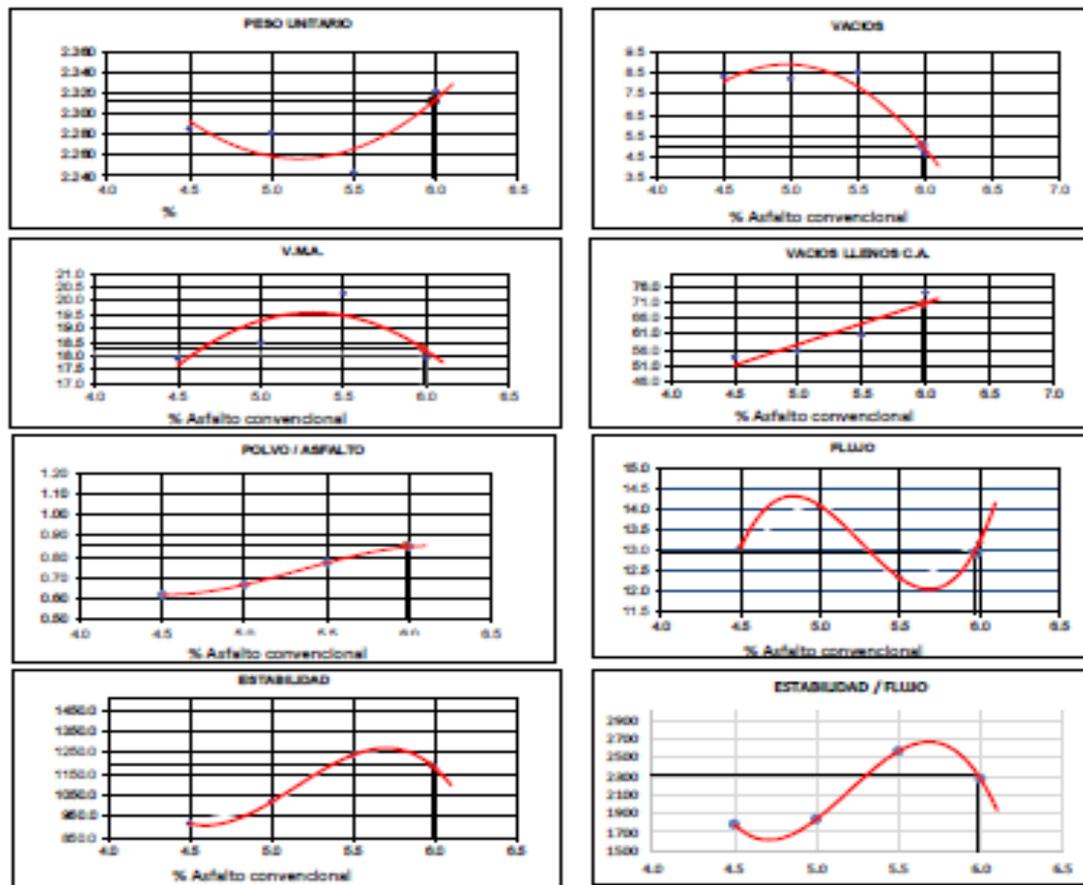
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T-50 GOLPES; INC. (0.25% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

	50	50
GOLPES	50	50
% C.A.	5.98	
P. UNITARIO	2.312	
VACIOS	5.0	9 - 5
V.M.A.	18.3	14.0
V. LL.C.A.	70.9	
POLVO / ASFALTO	0.85	0.8 - 1.3
FLUIDO	13.0	8-16
ESTABILIDAD	1190.9	5.44 kN
ESTABILIDAD / FLUIDO	2321.9	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha : 15 de Junio del 2022  
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.25% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
	50	0.25	49	0.75	100	% pasa Material											
%	50	0.25	49	0.75	100	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
						100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90			
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50			5			5.5		6			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75			47.50			47.25		47.00			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80			46.55			46.31		46.06			
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.24			0.24			0.24		0.24			
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.72			0.713			0.709		0.705			
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			1.019			1.019		1.019			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711			2.711			2.711		2.711			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602			2.602			2.602		2.602			
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67			2.67			2.67		2.67			
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14			3.14			3.14		3.14			
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Altura promedio de la briketa (cm)					6.23	6.21	6.23	6.05	6.25	6.04	6.16	6.19	6.24	6.11	6.10	6.06
14	Masa de la briketa al aire (gr)					1204.22	1206.70	1203.51	1204.95	1200.24	1199.84	1210.76	1202.37	1210.73	1201.26	1202.27	1205.69
15	Masa de la briketa al agua por 60' (gr)					1205.32	1207.27	1205.96	1206.38	1202.58	1201.01	1212.30	1203.58	1213.95	1202.64	1203.97	1207.59
16	Masa de la briketa desplazada (gr)					682.69	691.86	682.14	694.94	681.38	688.49	665.81	685.46	688.45	691.53	691.18	693.02
17	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc)					523	515	524	511	521	513	546	518	526	511	513	515
18	Peso especifico Bulk de la Briketa					2.304	2.341	2.298	2.356	2.303	2.341	2.216	2.321	2.304	2.360	2.345	2.343
19	Peso Especifico Maximo - Ríce (ASTM D 2041)						2.494			2.486			2.454		2.434		
20	% de Vacíos (ASTM D 3203)					7.6	6.1	7.9	5.2	7.4	5.8	9.7	5.4	6.1	3.4	3.7	3.7
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.659			2.659			2.659		2.659		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.677			2.690			2.673		2.671		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.25			0.44			0.20		0.17		
24	% de Asfalto Efectivo						4.26			4.58			5.31		5.84		
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7			0.8		0.8		
26	V.M.A.					17.2	15.9	17.5	15.8	17.7	16.4	21.3	17.5	18.1	16.9	17.1	17.2
27	% Vacíos llenos con C.A.					55.9	61.5	55.0	67.0	58.4	64.4	54.3	69.0	66.3	79.7	78.5	78.3
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					13.5	12.6	14.0	13.0	10.5	13.5	13.5	11.5	14.5	14.5	13.0	15.5
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1505.0	1569.0	1539.0	1490.0	1450.0	1430.0	1496.5	1428.5	1369.0	1348.8	1420.5	1368.5
30	Factor de estabilidad					1.03	1.04	1.03	1.09	1.03	1.09	1.05	1.04	1.03	1.07	1.07	1.08
31	Estabilidad Corregida					1552	1624	1581	1617	1488	1554	1575	1486	1408	1436	1517	1479
32	Estabilidad / Flujo					2920	3274	2869	3160	3600	2924	2963	3281	2467	2516	2965	2423

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,  
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.

**INFORME**

PROYECTO :DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE :Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN :Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha :15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

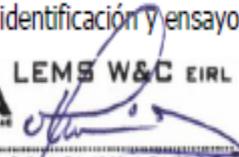
Identificación :Mezcla de agregados

Descripción :MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.25%C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	544.0	544.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2858.0	2858.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2056.0	2056.0	2064.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4056.0	4045.0	4057.0	4053.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2000.0	1986	1993.0	1998.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	802.0	799.0	812.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.494	2.486	2.454	2.434
CONTENIDO % C.A	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



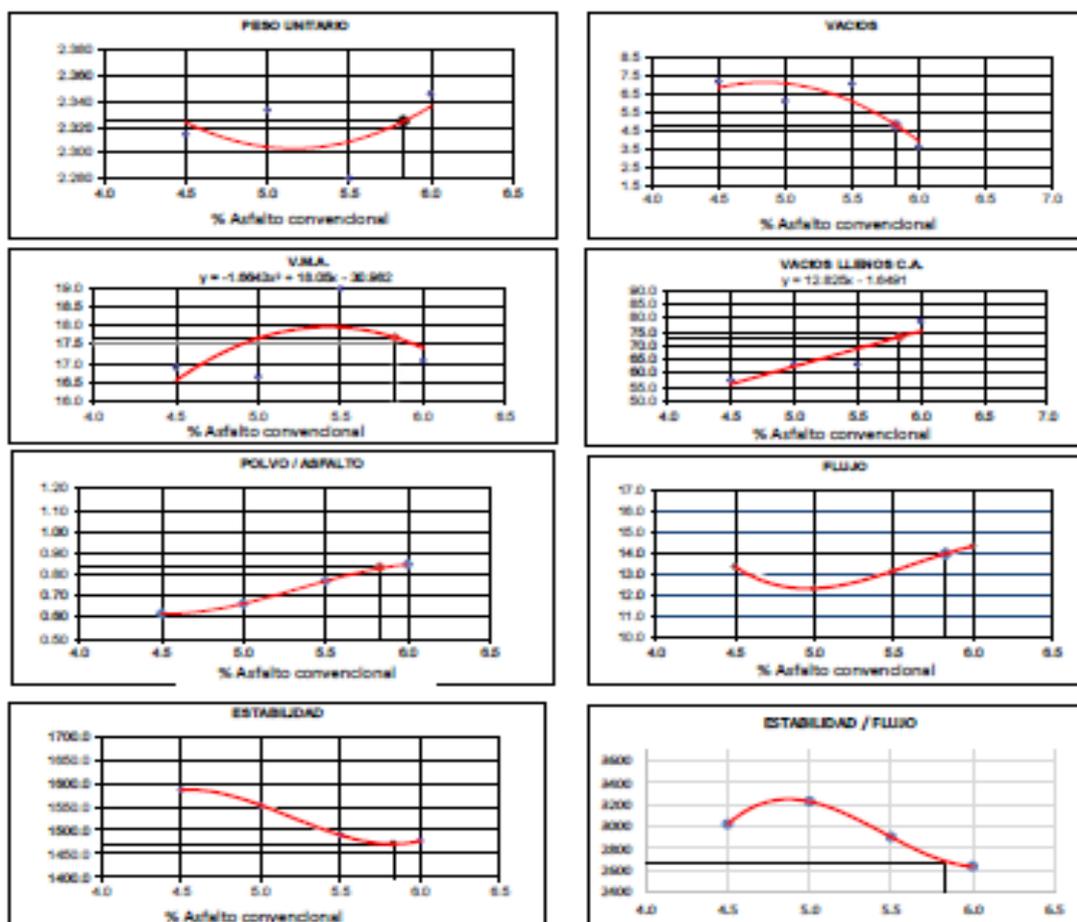

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maliky Leonardo  
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T-75 GOLPES; INC. (0.25% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C.A.	8.63	
P. UNITARIO	2.325	
VACIOS	4.8	9 - 5
VMA	17.7	14.0
V.LL.C.A.	73.1	
POLVO/ASFALTO	0.84	0.8 - 1.3
FLUJO	14.0	8-14
ESTABILIDAD	1471.8	8.15 kN
ESTABILIDAD/FLUJO	2672.8	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.50% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM														
						% pasa Material					1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
%	50	0.5	49	0.5	100	100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90						
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5			5.5			6				
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75				47.50			47.25			47.00				
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80				46.55			46.31			46.06				
4	% de ceniza de cascarrilla de oryza sativa					0.48				0.48			0.47			0.47				
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.48				0.475			0.473			0.470				
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019				1.019			1.019			1.019				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711				2.711			2.711			2.711				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602				2.602			2.602			2.602				
9	Peso especifico de Ceniza de cascarrilla de Oryza sativa(bulk)					2.67				2.67			2.67			2.67				
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14				3.14			3.14			3.14				
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																			
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																			
13	Altura promedio de la briqueeta (cm)					6.53	6.55	6.63	6.39	6.31	6.39	6.40	6.53	6.39	6.34	6.39	6.38			
14	Masa de la briqueeta al aire (gr)					1196.31	1216.17	1195.46	1200.01	1209.67	1201.24	1188.97	1200.66	1187.55	1190.18	1196.09	1179.21			
15	Masa de la briqueeta al agua por 60´(gr)					1197.80	1217.03	1196.37	1202.15	1211.32	1202.70	1191.20	1202.69	1188.87	1191.20	1196.70	1180.79			
16	Masa de la briqueeta desplazada (gr)					692.16	687.96	685.74	684.19	691.69	685.87	689.02	684.28	684.22	682.87	684.59	665.40			
17	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc)					506	529	511	518	520	517	502	518	505	508	512	515			
18	Peso especifico Bulk de la Briqueeta					2.366	2.299	2.341	2.317	2.328	2.324	2.368	2.316	2.353	2.341	2.336	2.288			
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.490				2.482			2.451			2.431				
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.0	7.7	6.0	6.7	6.2	6.4	3.4	5.5	4.0	3.7	3.9	5.9			
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.658				2.658			2.658			2.658				
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)					2.672				2.685			2.669			2.667				
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.20				0.38			0.16			0.13				
24	% de Asfalto Efectivo					4.31				4.64			5.35			5.88				
25	Relación Polvo/Asfalto					0.6				0.7			0.8			0.9				
26	V.M.A.					15.0	17.4	15.9	17.2	16.8	16.9	15.8	17.7	16.3	17.2	17.4	19.1			
27	% Vacios llenos con C.A.					66.8	55.9	62.4	61.3	63.1	62.5	78.5	68.8	75.6	78.6	77.5	69.2			
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					15.0	16.2	14.5	15.8	14.3	13.5	15.5	16.2	15.0	13.8	14.5	14.2			
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					995.0	816.5	807.5	1131.0	1146.5	1034.0	942.5	886.0	990.0	1089.0	1002.5	1028.0			
30	Factor de estabilidad					0.96	0.95	0.94	0.99	1.01	0.99	0.99	0.96	0.99	1.00	0.99	0.99			
31	Estabilidad Corregida					951	778	757	1120	1159	1025	932	848	981	1092	992	1020			
32	Estabilidad / Flujo					1611	1221	1326	1800	2059	1928	1527	1330	1662	2009	1739	1825			

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

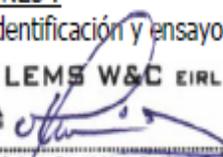
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.50% C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2068.0	2067.0	2057.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4080.0	4075.0	4064.0	4051.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2012.0	2008	2007.0	1996.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	808.0	809.0	819.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.490	2.482	2.451	2.431
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

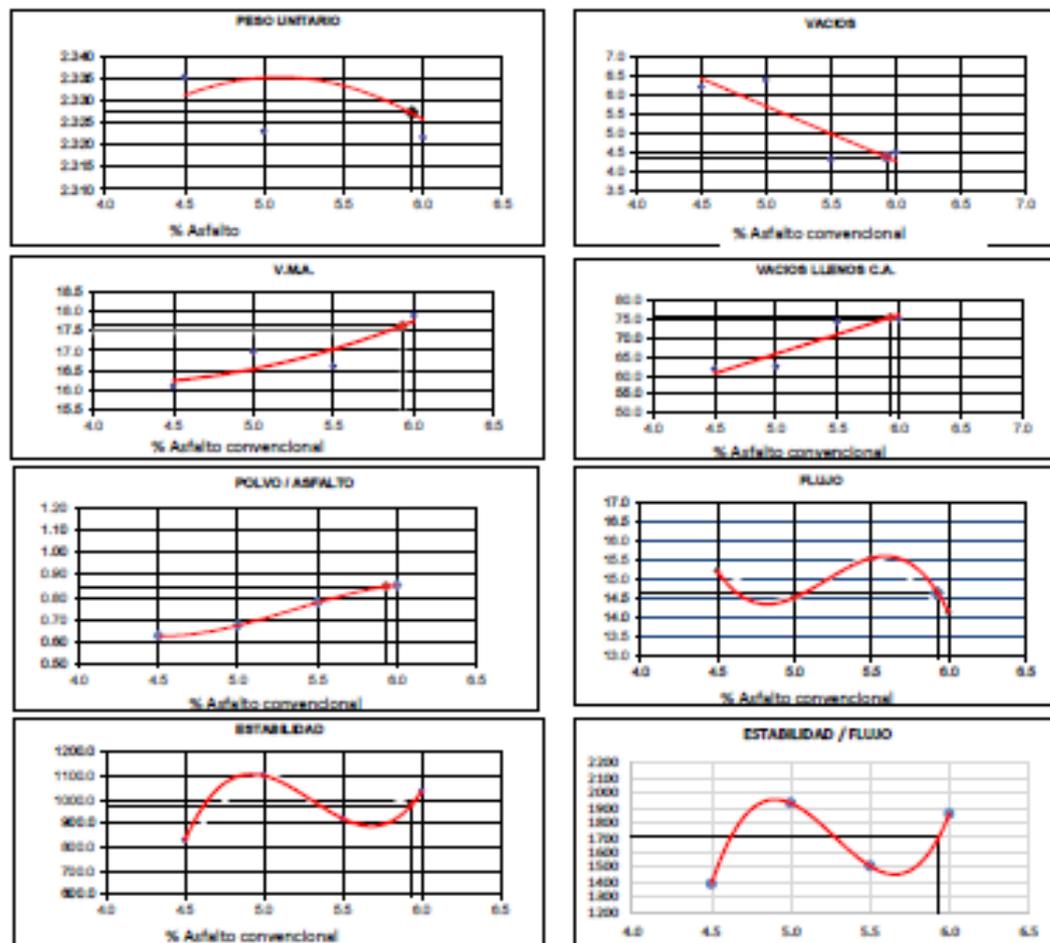
**UBICACIÓN** : Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.50% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	35	35
% C.A.	5.93	
P. UNITARIO	2.327	
VACIOS	4.4	3 - 5
VMA	17.6	14.0
V. LL. C.A.	75.4	
POLVO/ASFALTO	0.85	0.8 - 1.3
FLUJO	14.7	8-20
ESTABILIDAD	975.8	4.53 MN.
ESTABILIDAD/FLUJO	1705.8	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.50% C.C.O.S)

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

AGREGADOS %	Piedra 50	C.C.O.S 0.5	Arena 49	Filler 0.5	Total 100	Tamices ASTM														
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
BRIQUETA, N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5				5.5				6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75				47.50				47.25				47.00		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80				46.55				46.31				46.06		
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.48				0.48				0.47				0.47		
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.48				0.475				0.473				0.470		
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019				1.019				1.019				1.019		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711				2.711				2.711				2.711		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602				2.602				2.602				2.602		
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67				2.67				2.67				2.67		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14				3.14				3.14				3.14		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																			
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																			
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.40	6.39	6.30	6.39	6.20	6.18	6.45	6.42	6.44	6.58	6.44	6.40			
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1199.38	1197.72	1192.52	1196.01	1188.13	1197.77	1199.95	1190.58	1197.38	1200.81	1204.08	1187.22			
15	Masa de la briqueta al agua por 60''(gr)					1200.48	1198.67	1193.88	1197.31	1188.97	1199.38	1201.65	1192.06	1199.28	1201.74	1210.36	1188.72			
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					687.69	690.05	688.33	690.86	696.87	694.19	694.41	696.73	684.32	688.99	693.58	670.89			
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					513	509	506	506	492	505	507	505	515	513	517	518			
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.339	2.355	2.359	2.362	2.414	2.371	2.366	2.356	2.325	2.342	2.330	2.293			
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.490				2.482				2.451				2.431		
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					6.1	5.4	5.3	4.9	2.7	4.5	3.5	3.9	5.1	3.7	4.2	5.7			
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.658				2.658				2.658				2.658		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.672				2.685				2.669				2.667		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.20				0.38				0.15				0.13		
24	% de Asfalto Efectivo					4.31				4.64				5.35				5.88		
25	Relación Polvo/Asfalto					0.6				0.7				0.8				0.9		
26	V.M.A.					16.0	15.4	15.3	15.6	13.7	15.3	15.9	16.2	17.3	17.2	17.6	18.9			
27	% Vacios llenos con C.A.					62.0	64.7	65.5	68.9	80.1	70.7	78.1	76.1	70.4	78.7	76.4	69.9			
28	Flujo 0.075(0.25 mm)					12.0	10.0	9.0	8.0	9.0	10.0	11.0	9.0	10.0	12.8	10.5	13.0			
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					970.0	920.5	925.5	1429.5	1500.0	1566.5	1176.0	1006.0	1216.5	1276.5	1246.8	1149.8			
30	Factor de estabilidad					0.99	0.99	1.01	0.99	1.04	1.04	0.98	0.98	0.98	0.95	0.98	0.99			
31	Estabilidad Corregida					958	911	937	1415	1556	1637	1147	968	1189	1210	1219	1135			
32	Estabilidad / Flujo					2028	2315	2645	4493	4392	4157	2648	2789	3020	2401	2948	2218			

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

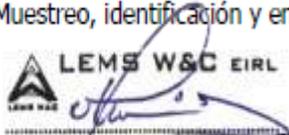
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.50%C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2068.0	2067.0	2057.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4080.0	4075.0	4064.0	4051.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2012.0	2008	2007.0	1996.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	808.0	808.0	819.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.490	2.482	2.451	2.431
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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

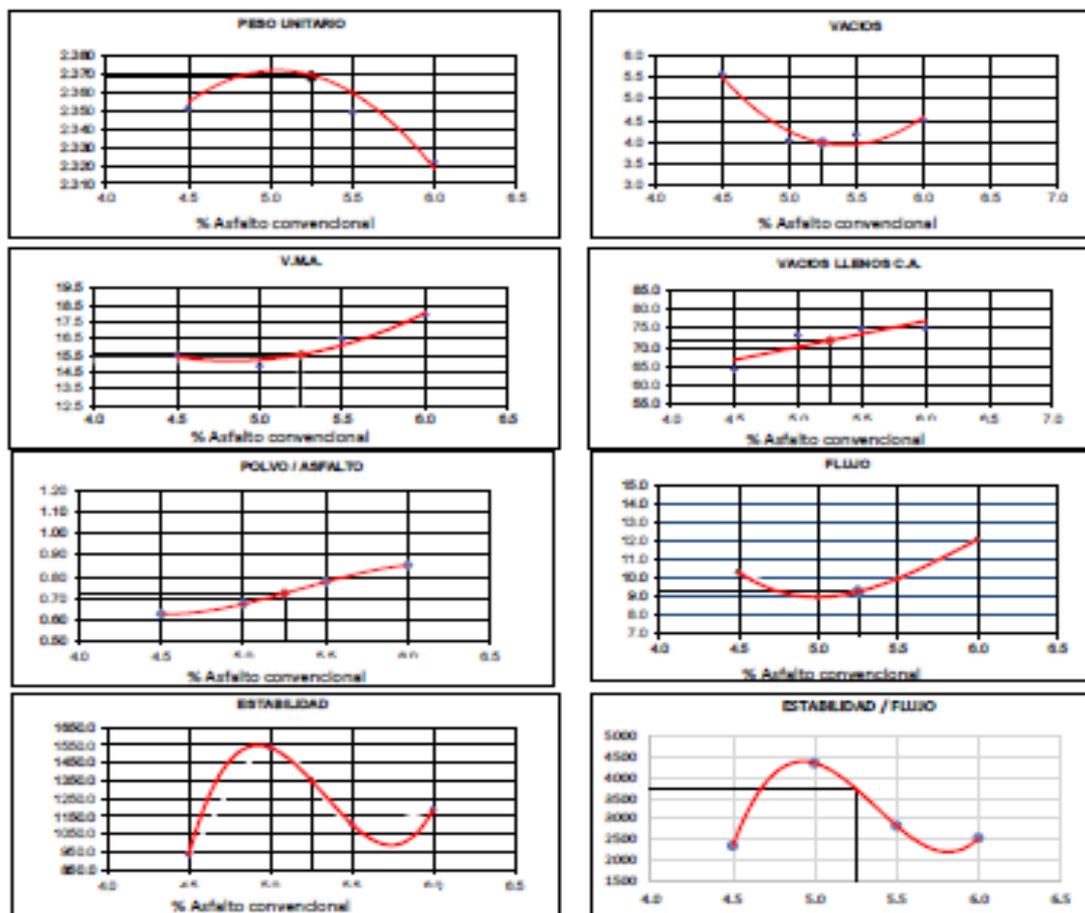


**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Malvy Leonardo  
**UBICACIÓN** : Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha** : 15 de Junio del 2022  
**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T-50 GOLPES; INC. (0.50%C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	50
% C.A.	5.25	
P. UNITARIO	2.368	
VACIOS	4.0	3 - 5
VMA	15.5	14.0
V.L.C.A.	71.8	
POLVO/ASFALTO	0.72	0.8 - 1.3
FLUJO	9.3	8-16
ESTABILIDAD	1352.4	5.44 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3726.8	1700 - 4000

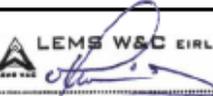
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha : 15 de Junio del 2022  
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.50% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM														
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
%	50	0.5	49	0.5	100	100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90						
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla						4.50			5			5.5				6			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						47.75		47.50				47.25				47.00			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						46.80		46.55				46.31				46.06			
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa						0.48		0.48				0.47				0.47			
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.48		0.475				0.473				0.470			
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019		1.019				1.019				1.019			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.711		2.711				2.711				2.711			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.602		2.602				2.602				2.602			
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)						2.67		2.67				2.67				2.67			
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.14		3.14				3.14				3.14			
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																			
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																			
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.26	6.37	6.30	6.25	6.28	6.29	6.25	6.44	6.37	6.30	6.21	6.33			
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1181.96	1205.51	1188.67	1201.01	1197.86	1197.40	1183.41	1204.84	1197.79	1191.87	1197.31	1203.01			
15	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)					1183.06	1206.98	1189.78	1202.10	1199.12	1198.55	1184.28	1205.97	1199.13	1193.05	1198.14	1204.60			
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					675.70	692.99	679.55	694.34	692.85	691.45	675.65	684.83	681.62	684.55	685.92	686.92			
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					507	514	510	508	506	507	509	521	518	509	512	518			
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.330	2.345	2.330	2.365	2.366	2.361	2.327	2.312	2.315	2.344	2.337	2.324			
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.490			2.482			2.451			2.431				
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					6.4	5.8	6.4	4.7	4.7	4.9	5.1	5.7	5.6	3.6	3.8	4.4			
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.658			2.658			2.658			2.658				
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.672			2.685			2.669			2.667				
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.20			0.38			0.16			0.13				
24	% de Asfalto Efectivo						4.31			4.64			5.35			5.88				
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7			0.8			0.9				
26	V.M.A.					16.3	15.7	16.3	15.5	15.4	15.6	17.3	17.8	17.7	17.1	17.3	17.8			
27	% Vacios llenos con C.A.					60.5	63.1	60.5	69.6	69.7	68.8	70.6	68.1	68.6	79.1	77.8	75.3			
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					9.0	10.0	12.5	8.0	9.0	8.0	10.5	10.0	10.0	13.5	12.5	13.0			
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1727.0	1623.0	1798.8	1831.0	1743.5	1868.0	1798.8	1794.0	1698.5	1676.8	1548.5	1639.0			
30	Factor de estabilidad					1.02	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	0.96	1.00	1.01	1.03	1.00			
31	Estabilidad Corregida					1766	1615	1809	1870	1776	1887	1837	1726	1692	1686	1601	1635			
32	Estabilidad / Flujo					4984	4102	3676	5937	5013	5992	4444	4383	4298	3173	3253	3195			

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,  
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO :DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE :Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN :Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha :15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

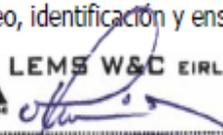
Identificación :Mezcla de agregados

Descripción :MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.50%C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2068.0	2067.0	2057.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4080.0	4075.0	4064.0	4051.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2012.0	2008	2007.0	1996.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	808.0	809.0	819.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.490	2.482	2.451	2.431
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Malky Leonardo

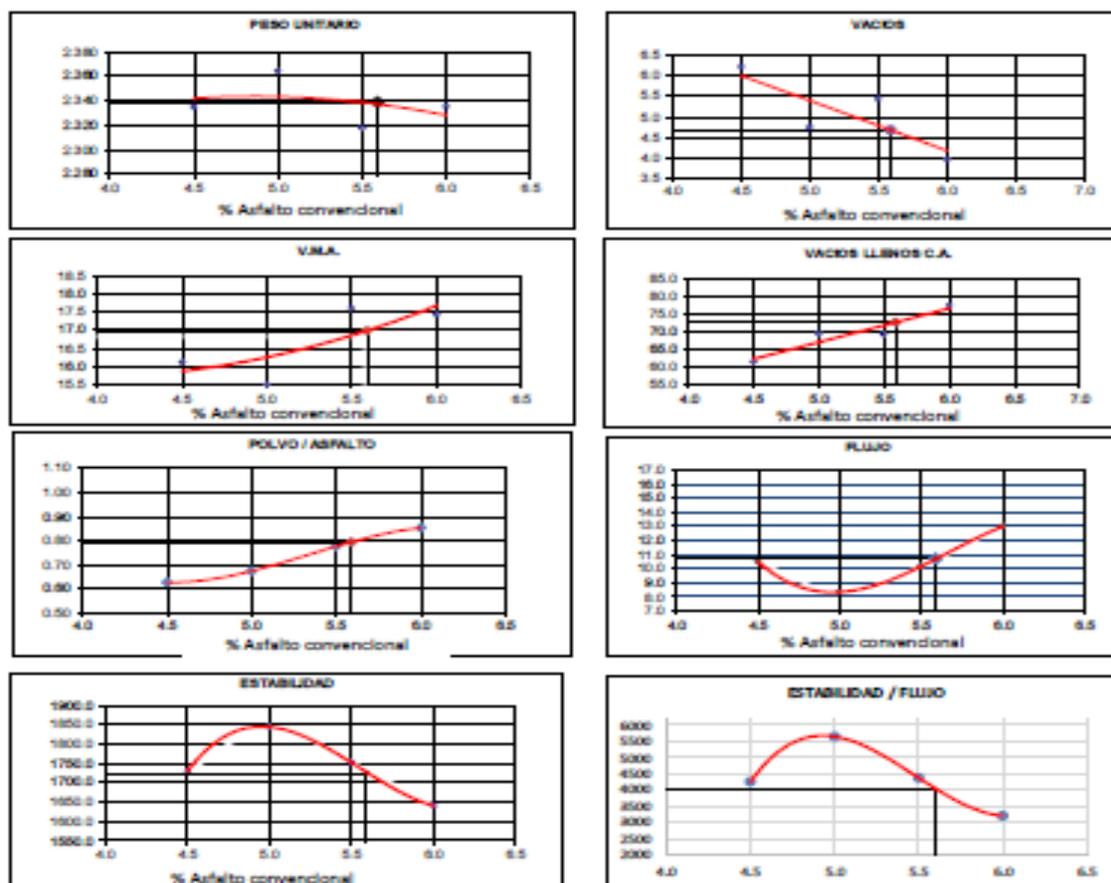
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T-75 GOLPES; INC. (0.50% C.C.O.S)



**CARACTERISTICAS MARSHALL**

	75	75
GOLPES	75	75
% C.A.	5.59	
P. UNITARIO	2.339	
VACIOS	4.7	3 - 5
VMA	17.0	14.0
V. LL.C.A.	72.6	
POLVO/ASFALTO	0.79	0.8 - 1.3
FLUIDO	10.7	8-14
ESTABILIDAD	1724.3	8.15 kN
ESTABILIDAD/FLUIDO	3988.9	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
Fecha : 15 de Junio del 2022  
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
Identificación : Mezcla de agregados  
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.75% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.A	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM														
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
%	50	0.75	49	0.25	100	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200						
						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
BRIQUETA N°																				
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50			5			5.5			6					
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75			47.50			47.25			47.00					
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80			46.55			46.31			46.06					
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.72			0.71			0.71			0.71					
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.24			0.238			0.236			0.235					
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			1.019			1.019			1.019					
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711			2.711			2.711			2.711					
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602			2.602			2.602			2.602					
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67			2.67			2.67			2.67					
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14			3.14			3.14			3.14					
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																			
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																			
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.45	6.35	6.45	6.45	6.40	6.50	6.55	6.40	6.40	6.28	6.31	6.80			
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1197.02	1194.70	1191.70	1185.49	1184.66	1197.02	1201.15	1195.01	1204.61	1201.87	1196.85	1297.43			
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1197.99	1196.13	1193.97	1186.81	1186.20	1198.12	1202.42	1196.39	1205.55	1203.43	1198.14	1298.06			
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					687.02	686.06	685.55	678.22	677.35	688.32	691.71	688.69	692.55	691.90	688.55	737.74			
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					511	510	508	509	509	510	511	508	513	512	510	560			
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.343	2.342	2.344	2.331	2.328	2.348	2.352	2.354	2.348	2.350	2.349	2.316			
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.488			2.479			2.448			2.429				
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.8	5.9	5.8	6.0	6.1	5.3	3.9	3.8	4.1	3.3	3.3	4.7			
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.657			2.657			2.657			2.657				
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)						2.669			2.681			2.666			2.664				
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.18			0.34			0.12			0.10				
24	% de Asfalto Efectivo						4.33			4.67			5.39			5.90				
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7			0.8			0.9				
26	V.M.A.					15.8	15.8	15.8	16.7	16.8	16.1	16.4	16.3	16.5	16.9	16.9	18.1			
27	% Vacios llenos con C.A.					63.0	63.0	63.2	64.2	63.7	67.1	76.0	76.4	75.3	80.6	80.4	74.2			
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					9.0	8.0	8.0	11.0	10.0	8.0	11.0	9.0	10.0	9.0	11.0	8.0			
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1450.2	1289.5	1395.0	918.5	1062.3	885.5	1269.5	1369.5	1443.0	1236.5	1163.5	1248.8			
30	Factor de estabilidad					0.98	1.00	0.98	0.98	0.99	0.96	0.95	0.98	0.99	1.02	1.01	0.90			
31	Estabilidad Corregida					1414	1290	1360	896	1049	852	1209	1343	1425	1257	1176	1121			
32	Estabilidad / Flujo					3990	4094	4318	2068	2665	2706	2792	3790	3619	3548	2716	3559			

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

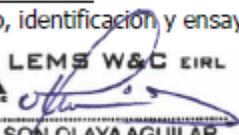
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.75% C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2071.0	2070.0	2059.0	2053.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4074.0	4068.0	4059.0	4052.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2003.0	1998	2000.0	1999.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	805.0	806.0	817.0	823.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.488	2.479	2.448	2.429
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO :** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE :** Larrea Saldaña, Malvy Leonardo

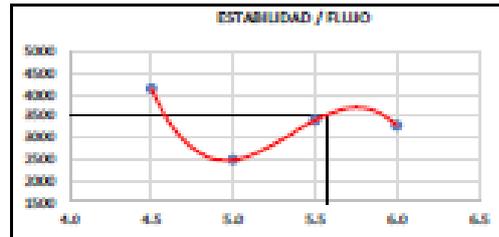
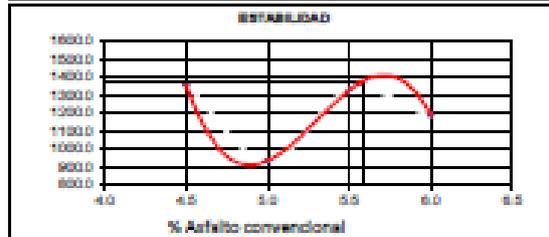
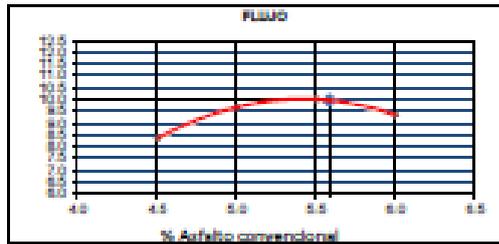
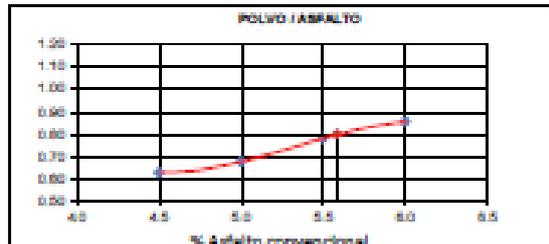
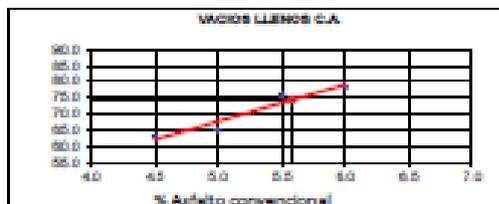
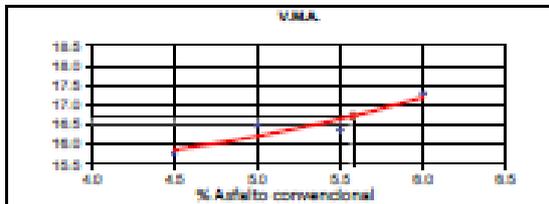
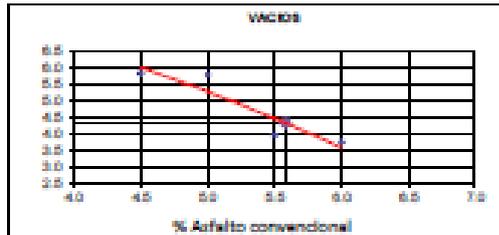
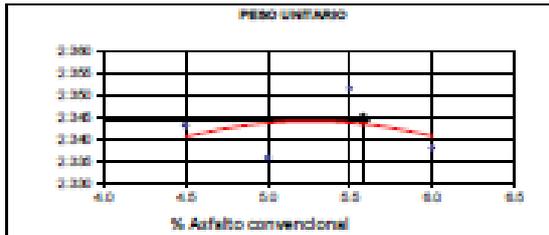
**UBICACIÓN :** Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha :** 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra :** Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación :** Mezcla de agregados

**Descripción :** MAC-3 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (0.75% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	35	35
% C.A.	5.88	
P. UNITARIO	2.344	
VACIOS	4.3	3 - 5
V.M.A.	16.7	14.0
V.L.C.A.	74.3	
POLVO / ASFALTO	0.80	0.8 - 1.3
FLUJO	10.0	8-20
ESTABILIDAD	1365.4	4.53 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	3531.2	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.75% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.A	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
	50	0.75	49	0.25	100	% pasa Material						100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90	
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5			5.5						6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75				47.50			47.25						47.00		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80				46.55			46.31						46.06		
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.72				0.71			0.71						0.71		
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.24				0.238			0.236						0.235		
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019				1.019			1.019						1.019		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711				2.711			2.711						2.711		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602				2.602			2.602						2.602		
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67				2.67			2.67						2.67		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14				3.14			3.14						3.14		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																				
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																				
13	Altura promedio de la briquea (cm)					6.30	6.35	6.25	6.40	6.35	6.40	6.30	6.30	6.40	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33
14	Masa de la briquea al aire (gr)					1196.50	1186.08	1186.07	1195.92	1192.50	1192.40	1203.39	1196.26	1203.42	1200.88	1196.65	1196.65	1196.65	1196.79	1196.79	1196.79
15	Masa de la briquea al agua por 60' (gr)					1198.56	1186.61	1186.74	1197.28	1193.00	1193.03	1204.92	1198.06	1205.40	1201.75	1196.74	1196.74	1200.36	1200.36	1200.36	1200.36
16	Masa de la briquea desplazada (gr)					688.42	686.42	686.39	687.44	682.00	684.73	691.46	688.39	692.26	690.63	677.73	677.73	686.29	686.29	686.29	686.29
17	Volumen de la briquea por desplazamiento (cc)					510	500	500	510	511	508	513	510	513	511	519	514	514	514	514	514
18	Peso especifico Bulk de la Briquea					2.345	2.371	2.370	2.346	2.334	2.346	2.344	2.347	2.345	2.350	2.304	2.332	2.332	2.332	2.332	2.332
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)									2.479			2.448						2.429		
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.7	4.7	4.7	5.4	5.9	5.4	4.3	4.1	4.2	3.3	5.2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.657			2.657			2.657						2.657		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.669			2.681			2.666						2.664		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.18			0.34			0.12						0.10		
24	% de Asfalto Efectivo						4.33			4.67			5.39						5.90		
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7			0.8						0.9		
26	V.M.A.					15.7	14.8	14.8	16.1	16.6	16.1	16.6	16.5	16.6	16.9	18.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
27	% Vacios llenos con C.A.					63.5	68.2	68.1	66.7	64.6	66.7	74.4	75.1	74.7	80.6	72.1	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)					8.0	8.0	8.0	10.0	8.6	9.0	9.5	10.2	11.0	12.8	10.2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1244.0	1220.0	1239.0	1371.0	1235.5	1264.5	1408.0	1400.0	1424.5	1225.5	1199.0	1311.0	1311.0	1311.0	1311.0	1311.0
30	Factor de estabilidad					1.01	1.00	1.03	0.99	1.00	0.99	1.01	1.01	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
31	Estabilidad Corregida					1260	1220	1270	1354	1236	1249	1426	1418	1407	1231	1206	1318	1318	1318	1318	1318
32	Estabilidad / Flujo					3999	3874	4032	3439	3649	3524	3612	3530	3248	2443	3003	2910	2910	2910	2910	2910

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

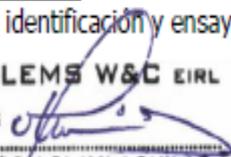
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.75%C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2071.0	2070.0	2059.0	2053.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4074.0	4068.0	4059.0	4052.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2003.0	1998	2000.0	1999.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	805.0	806.0	817.0	823.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.488	2.479	2.448	2.429
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,




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




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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Malvy Leonardo

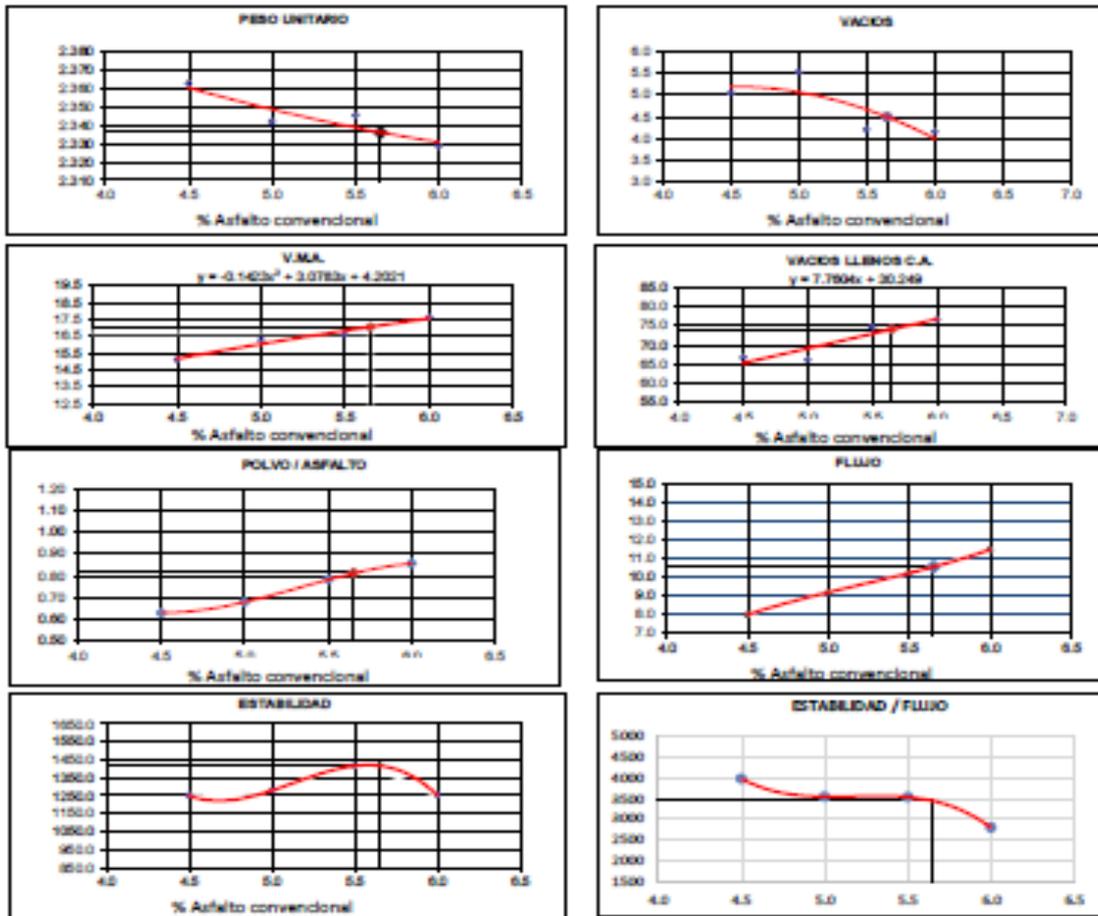
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (0.75% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

	50	50
GOLPES	50	50
% C.A.	5.65	
P. UNITARIO	2.336	
VACIOS	4.5	3 - 5
VMA	17.1	14.0
V.L.L.C.A.	74.1	
POLVO/ASFALTO	0.81	0.8 - 1.3
FLUJO	10.6	8-15
ESTABILIDAD	1419.1	5.44 kN
ESTABILIDAD/FLUJO	3436.9	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.75% C.C.O.S)

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

AGREGADOS %	Piedra 50	C.C.A 0.75	Arena 49	Filler 0.25	Total 100	Tamices ASTM					No 4 60.61	No 10 44.65	No 40 18.33	No 80 12.32	No 200 6.90										
						% pasa Material																			
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3								
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50					5					5.5					6				
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75					47.50					47.25					47.00				
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80					46.55					46.31					46.06				
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.72					0.71					0.71					0.71				
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.24					0.238					0.236					0.235				
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019					1.019					1.019					1.019				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711					2.711					2.711					2.711				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602					2.602					2.602					2.602				
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67					2.67					2.67					2.67				
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14					3.14					3.14					3.14				
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																								
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																								
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.45 6.60 6.45					6.45 6.35 6.25					6.38 6.25 6.24					6.10 6.27 6.24				
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1187.43 1198.08 1190.56					1194.64 1195.74 1182.69					1206.22 1197.33 1199.12					1188.71 1196.12 1197.00				
15	Masa de la briqueta al agua por 60° (gr)					1188.93 1198.93 1192.66					1196.08 1197.56 1184.62					1207.14 1198.08 1199.92					1188.99 1196.62 1197.58				
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					682.14 689.21 681.44					682.47 681.23 678.33					688.54 683.86 687.33					686.04 684.04 685.17				
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					507 510 511					514 516 506					519 514 513					503 513 513				
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.343 2.350 2.329					2.326 2.316 2.336					2.326 2.328 2.339					2.363 2.334 2.336				
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.488					2.479					2.448					2.429				
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.8 5.5 6.4					6.2 6.6 5.8					5.0 4.9 4.4					2.7 3.9 3.8				
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.657					2.657					2.657					2.657				
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.669					2.681					2.666					2.664				
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.18					0.34					0.12					0.10				
24	% de Asfalto Efectivo					4.33					4.67					5.39					5.90				
25	Relación Polvo/Asfalto					0.6					0.7					0.8					0.9				
26	V.M.A.					15.8 15.5 16.3					16.8 17.2 16.5					17.3 17.2 16.8					16.4 17.4 17.4				
27	% Vacios llenos con C.A.					63.1 64.4 60.8					63.3 61.7 65.0					71.1 71.6 73.6					83.5 77.5 77.9				
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)					10.0 10.3 10.8					8.6 10.5 9.0					12.0 11.0 13.0					9.5 12.0 10.0				
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					2163.0 2013.3 2104.0					1682.5 1755.0 1708.0					1826.5 1889.5 1774.5					1731.0 1737.0 1700.5				
30	Factor de estabilidad					0.96 0.94 0.96					0.96 1.00 1.03					0.99 1.03 1.03					1.07 1.02 1.03				
31	Estabilidad Corregida					2109 1899 2051					1640 1755 1751					1813 1937 1823					1851 1772 1749				
32	Estabilidad / Flujo					5357 4682 4825					4845 4245 4941					3837 4472 3562					4949 3750 4442				

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

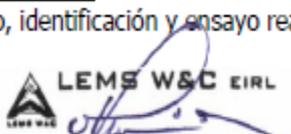
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.75%C.C.O.S)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2071.0	2070.0	2059.0	2053.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4074.0	4068.0	4059.0	4052.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2003.0	1998	2000.0	1999.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	805.0	806.0	817.0	823.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.488	2.479	2.448	2.429
CONTENIDO % C.A	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Malky Leonardo

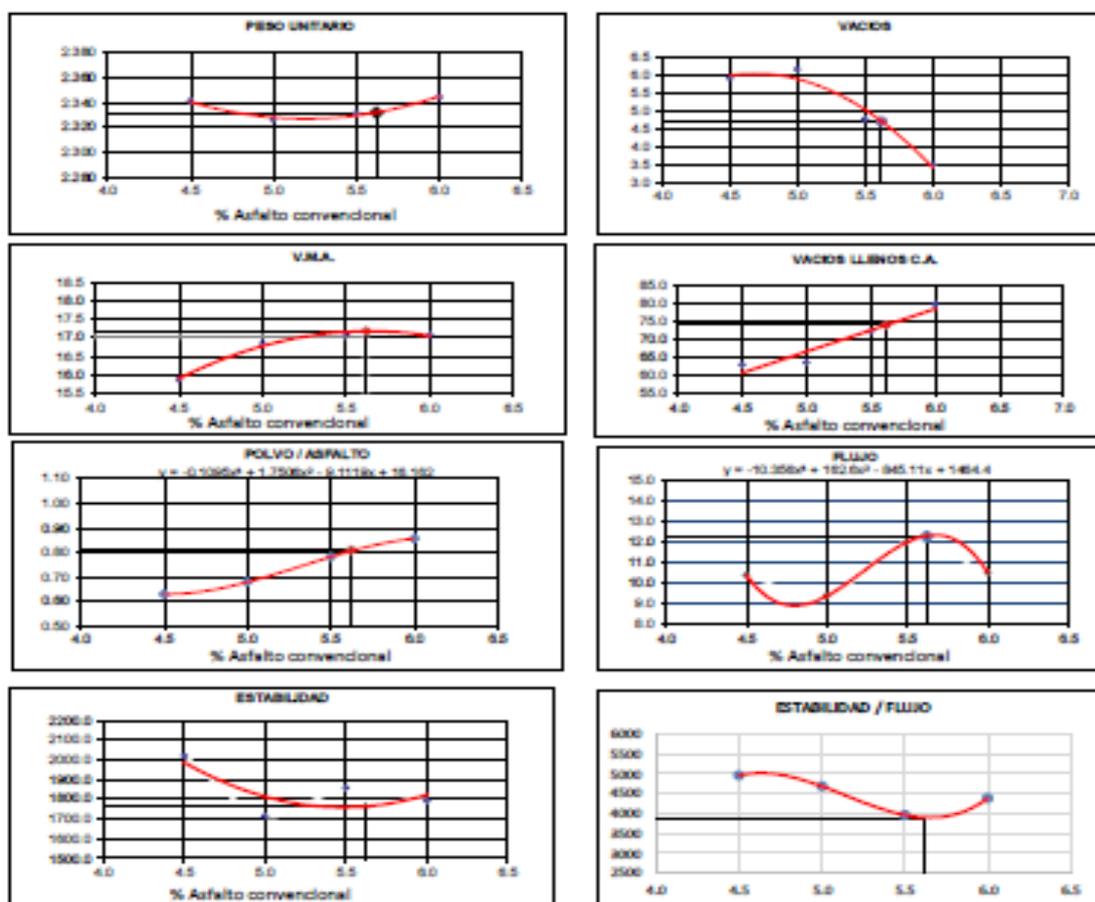
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (0.75% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C.A.	5.62	
P. UNITARIO	2.332	
VACIOS	4.7	3 - 5
V.M.A.	17.2	14.0
V.L.L.C.A.	73.8	
POLVO/ASFALTO	0.81	0.8 - 1.3
FLUJO	12.3	8-14
ESTABILIDAD	1763.7	8.15 kN
ESTABILIDAD/FLUJO	3891.7	1700 - 4000

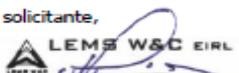
PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES : INC. (1.00% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
%	50	1	49	0	100	100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90			
<b>BRIQUETA N°</b>						1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla						4.50			5			5.5		6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						47.75			47.50			47.25		47.00		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						46.80			46.55			46.31		46.06		
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa						0.96			0.95			0.95		0.94		
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.00			0.000			0.000		0.000		
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.019			1.019			1.019		1.019		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc						2.711			2.711			2.711		2.711		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.602			2.602			2.602		2.602		
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)						2.67			2.67			2.67		2.67		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.14			3.14			3.14		3.14		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.50	6.55	6.65	6.35	6.35	6.40	6.40	6.35	6.30	6.35	6.45	6.30
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1194.72	1192.09	1193.84	1185.95	1191.85	1194.19	1192.45	1196.96	1193.16	1198.24	1193.82	1193.17
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1194.78	1192.26	1196.19	1186.22	1192.23	1195.73	1193.42	1197.78	1194.20	1198.74	1194.66	1195.28
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					686.36	682.44	688.05	681.44	684.07	687.98	682.06	683.72	682.30	691.38	686.97	687.46
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					508	510	508	505	508	508	511	514	512	507	508	508
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.350	2.338	2.349	2.349	2.345	2.352	2.332	2.328	2.331	2.362	2.351	2.350
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.486			2.474			2.445		2.425		
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.5	5.9	5.5	5.0	5.2	4.9	4.6	4.8	4.7	2.6	3.0	3.1
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.656			2.656			2.656		2.656		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)						2.667			2.675			2.662		2.659		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.15			0.27			0.08		0.04		
24	% de Asfalto Efectivo						4.35			4.74			5.42		5.96		
25	Relación Polvo/Asfalto						0.6			0.7			0.8		0.9		
26	V.M.A.					15.5	15.9	15.5	16.0	16.1	15.9	17.0	17.2	17.1	16.4	16.8	16.8
27	% Vacios llenos con C.A.					64.7	62.7	64.6	68.5	67.7	68.9	72.9	72.2	72.7	84.1	81.9	81.5
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					12.0	10.0	11.0	11.0	13.0	11.0	15.0	15.0	16.0	12.0	12.5	13.3
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					928.5	1015.5	960.6	1128.0	1120.0	1183.0	956.3	1005.5	1046.3	1201.5	1198.5	1182.5
30	Factor de estabilidad					0.96	0.95	0.93	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	0.98	1.01
31	Estabilidad Corregida					894	967	897	1128	1120	1168	944	1006	1059	1202	1169	1197
32	Estabilidad / Flujo					1892	2457	2071	2605	2188	2698	1599	1703	1682	2543	2374	2287

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



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



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Identificación : Mezcla de agregados

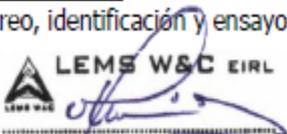
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (1.00% C.C.O.S)

**INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)**

MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2074.0	2072.0	2084.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4068.0	4061.0	4049.0	4046.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1994.0	1989	1985.0	1991.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	802.0	804.0	812.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.486	2.474	2.445	2.425
CONTENIDO % C.A	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

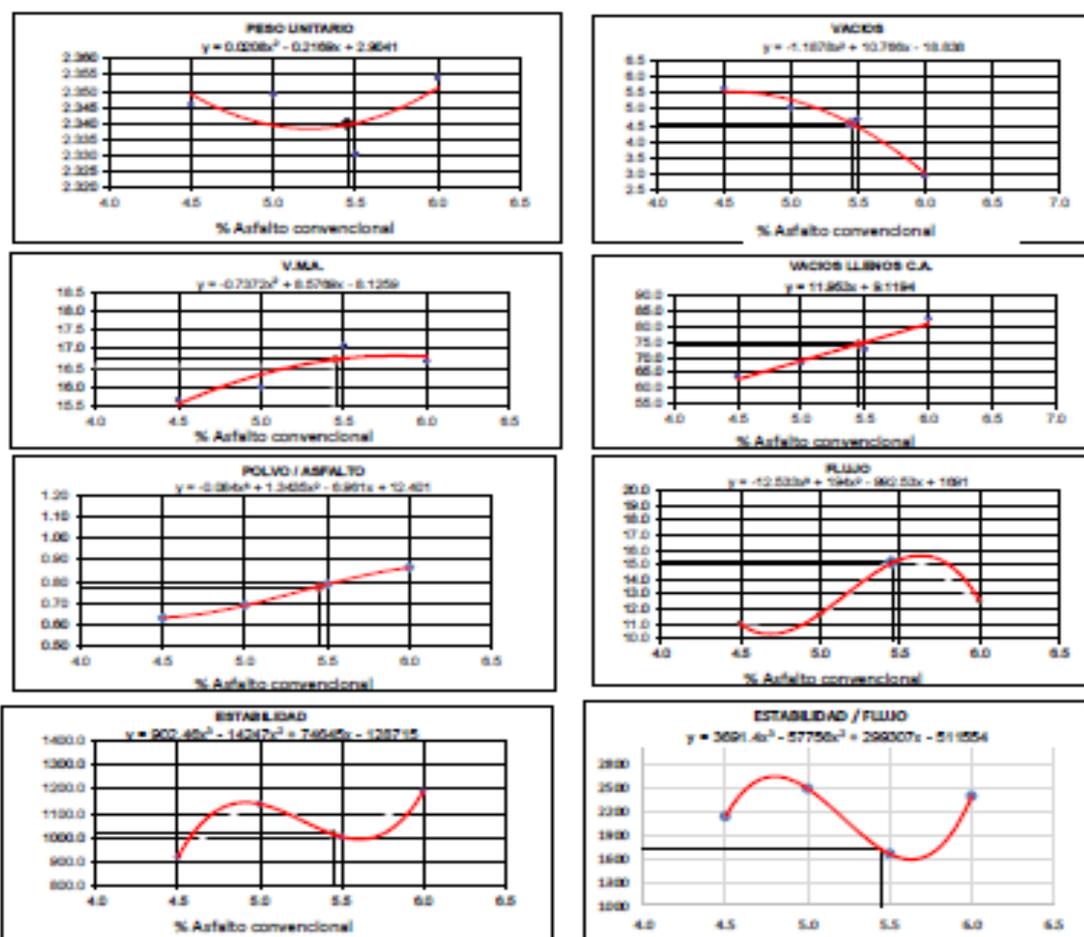
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO LIVIANO T=35 GOLPES ; INC. (1.00% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	35	35
% C.A.	5.45	
P. UNITARIO	2.340	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	16.7	14.0
V.LL.C.A.	74.3	
POLVO/ASFALTO	0.77	0.8 - 1.3
FLUJO	15.2	8-20
ESTABILIDAD	1017.7	4.53 kN
ESTABILIDAD/FLUJO	1730.3	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (1.00% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.A	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						% pasa Material											
%	50	1	49	0	100	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
						100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90			
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5			5.5		6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75			47.50				47.25		47.00		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80			46.55				46.31		46.06		
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.96			0.95				0.95		0.94		
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.00			0.000				0.000		0.000		
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			1.019				1.019		1.019		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711			2.711				2.711		2.711		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602			2.602				2.602		2.602		
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67			2.67				2.67		2.67		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14			3.14				3.14		3.14		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Altura promedio de la briqueta (cm)					6.45	6.40	6.25	6.35	6.25	6.40	6.25	6.30	6.40	6.35	6.12	6.15
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1195.90	1184.57	1187.64	1189.30	1191.80	1198.92	1200.27	1188.72	1191.02	1195.68	1180.01	1182.34
15	Masa de la briqueta al agua por 60''(gr)					1195.82	1185.09	1187.67	1189.50	1193.04	1199.73	1200.69	1189.37	1191.91	1195.94	1180.33	1182.91
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					685.50	683.61	686.48	687.69	687.40	688.30	684.50	677.95	678.62	684.06	672.53	674.01
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					510	501	501	502	506	511	516	511	513	512	508	509
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.343	2.362	2.370	2.370	2.357	2.344	2.325	2.324	2.320	2.336	2.324	2.323
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)									2.486			2.445		2.425		
20	% de Vacios (ASTM D 3203)					5.7	5.0	4.7	4.2	4.7	5.2	4.9	4.9	5.1	3.7	4.2	4.2
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total									2.656			2.656		2.656		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total									2.667			2.667		2.659		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado									0.15			0.27		0.08		0.04
24	% de Asfalto Efectivo									4.35			4.74		5.42		5.96
25	Relación Polvo/Asfalto									0.6			0.7		0.8		0.9
26	V.M.A.					15.7	15.1	14.8	15.2	15.7	16.2	17.3	17.3	17.4	17.3	17.8	17.8
27	% Vacios llenos con C.A.					63.6	66.9	68.4	72.4	69.9	67.5	71.6	71.5	70.8	78.8	76.5	76.4
28	Flujo 0.01*(0.25 mm)					10.0	13.0	10.0	10.0	14.0	12.0	14.0	15.0	12.0	10.0	13.0	12.0
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1848.0	1812.5	1766.0	1767.0	1781.0	1696.5	1275.5	1151.0	1110.0	1875.5	1951.5	1839.0
30	Factor de estabilidad					0.98	0.99	1.03	1.00	1.03	0.99	1.03	1.01	0.99	1.00	1.06	1.05
31	Estabilidad Corregida					1802	1790	1810	1767	1826	1675	1307	1165	1096	1876	2072	1931
32	Estabilidad / Flujo					4577	3497	4598	4488	3312	3546	2372	1973	2320	4764	4049	4087

OBSERVACIONES:  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.  
 - C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAY AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



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

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Identificación : Mezcla de agregados

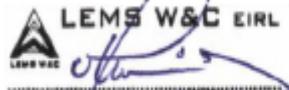
Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T=50 GOLPES; INC. (1.00%C.C.O.S)

**INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)**

MUESTRA Nº	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2074.0	2072.0	2064.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4068.0	4061.0	4049.0	4046.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1994.0	1989	1985.0	1991.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	802.0	804.0	812.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.486	2.474	2.445	2.425
CONTENIDO % C.A	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

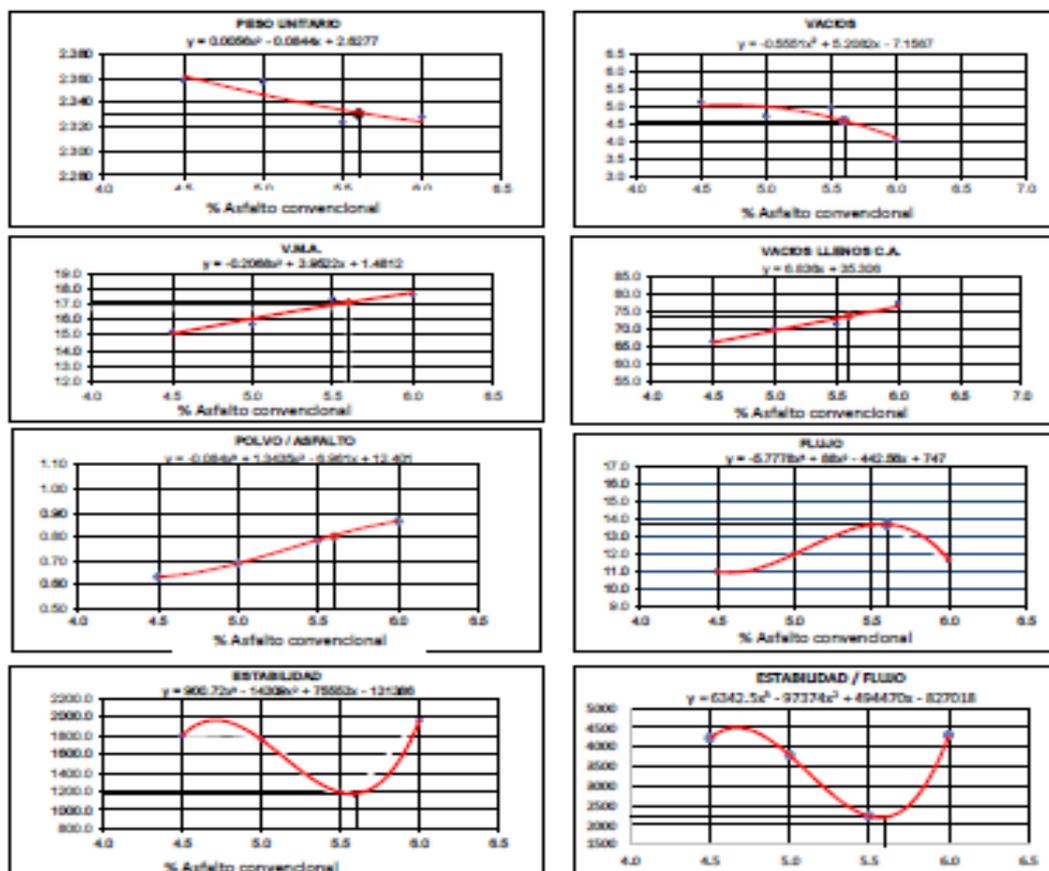
**UBICACIÓN** : Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO MEDIANO T-50 GOLPES; INC. (1.00% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	50	50
% C.A.	5.60	
P. UNITARIO	2.331	
VACIOS	4.8	9 - 5
V.M.A.	17.1	14.0
V.L.L.C.A.	73.8	
POLVO/ASFALTO	0.80	0.8 - 1.3
FLUIDO	13.7	8-16
ESTABILIDAD	1181.4	8.15 KN.
ESTABILIDAD/FLUIDO	2209.8	1700 - 4000

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
 SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo  
 UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha : 15 de Junio del 2022  
 Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (1.00% C.C.O.S)

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

AGREGADOS	Piedra	C.C.O.S	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM									
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40
%	50	0.75	49	0.25	100	100.00	100.00	93.26	80.75	60.61	44.65	18.33	12.32	6.90	
<b>BRIQUETA N°</b>						<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5			5.5		6
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					47.75			47.50			47.25		47.00	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					46.80			46.55			46.31		46.06	
4	% de ceniza de cascarilla de oryza sativa					0.72			0.71			0.71		0.71	
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.24			0.238			0.236		0.235	
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.019			1.019			1.019		1.019	
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.711			2.711			2.711		2.711	
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.602			2.602			2.602		2.602	
9	Peso especifico de Ceniza de cascarilla de Oryza sativa(bulk)					2.67			2.67			2.67		2.67	
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.14			3.14			3.14		3.14	
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc														
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc														
13	Altura promedio de la briqueta (cm)	6.55	6.30	6.60		6.25	6.40	6.40	6.50	6.50	6.30	6.20	6.30	6.35	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)	1196.01	1192.95	1203.53		1193.28	1196.23	1192.23	1196.96	1194.98	1192.04	1191.97	1193.95	1191.30	
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)	1196.52	1193.62	1203.96		1193.88	1196.81	1192.96	1197.00	1195.92	1192.05	1193.19	1195.65	1191.81	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)	685.71	681.42	699.02		681.30	685.12	681.35	685.31	680.27	679.24	679.14	678.63	675.04	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)	511	512	505		513	512	512	512	516	513	514	517	517	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta	2.341	2.329	2.384		2.328	2.338	2.330	2.339	2.317	2.325	2.319	2.309	2.305	
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.486			2.474			2.445		2.425	
20	% de Vacios (ASTM D 3203)	5.8	6.3	4.1		5.9	5.5	5.8	4.3	5.2	4.9	4.4	4.8	4.9	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.657			2.657			2.657		2.657	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.667			2.675			2.662		2.659	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.14			0.26			0.07		0.03	
24	% de Asfalto Efectivo					4.37			4.76			5.44		5.97	
25	Relación Polvo/Asfalto					0.6			0.7			0.8		0.9	
26	V.M.A.	15.8	16.3	14.3		16.8	16.4	16.7	16.8	17.6	17.3	18.0	18.3	18.4	
27	% Vacios llenos con C.A.	63.3	61.3	71.2		64.8	66.5	65.2	74.3	70.3	71.6	75.6	73.9	73.2	
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)	12.0	10.0	11.0		14.0	11.0	12.0	13.0	15.0	10.0	12.0	10.0	10.0	
29	Estabilidad sin corregir (Kg)	1190.5	1189.5	1095.5		1427.0	1575.0	1375.5	1392.5	1239.5	1375.5	1483.0	1523.0	1570.5	
30	Factor de estabilidad	0.95	1.01	0.94		1.03	0.99	0.99	0.96	0.96	1.01	1.04	1.01	1.00	
31	Estabilidad Corregida	1134	1204	1033		1463	1555	1358	1340	1193	1393	1539	1542	1571	
32	Estabilidad / Flujo	2400	3059	2386		2654	3591	2875	2619	2020	3537	3257	3917	3989	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,
- C.C.O.S: CENIZA DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA.

**INFORME**

PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

SOLICITANTE : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

UBICACIÓN : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha : 15 de Junio del 2022

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

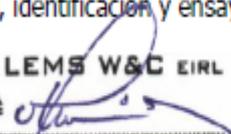
Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T=75 GOLPES; INC. (1.00% C.C.O.5)

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO	643.0	643.0	643.0	643.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2876.0	2876.0	2876.0	2876.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2074.0	2072.0	2064.0	2055.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	4068.0	4061.0	4049.0	4046.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1994.0	1989	1985.0	1991.0
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	802.0	804.0	812.0	821.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.486	2.474	2.445	2.425
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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




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

**INFORME**

**PROYECTO** : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ADICIONANDO CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA, CHICLAYO - LAMBAYEQUE

**SOLICITANTE** : Larrea Saldaña, Maiky Leonardo

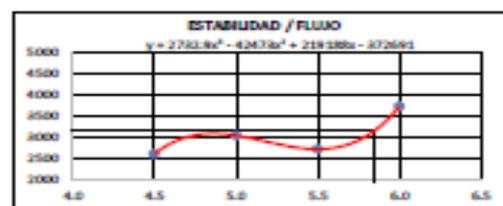
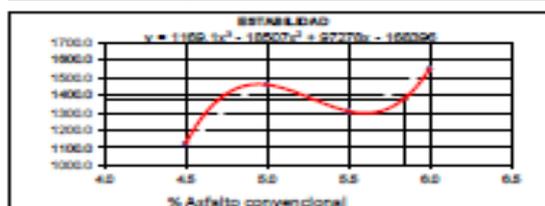
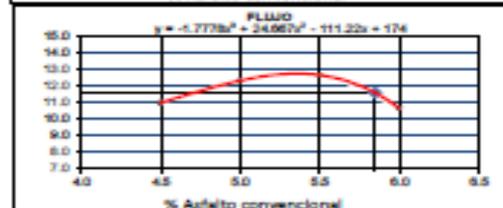
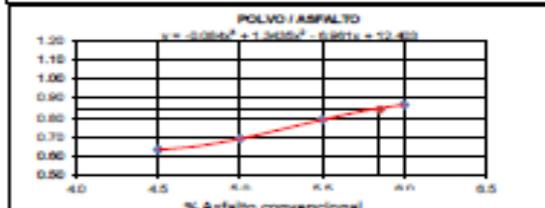
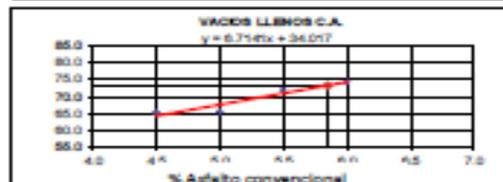
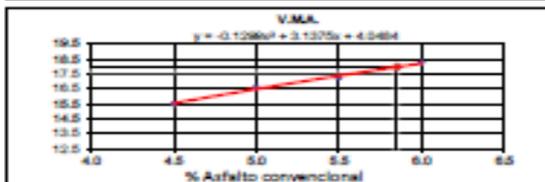
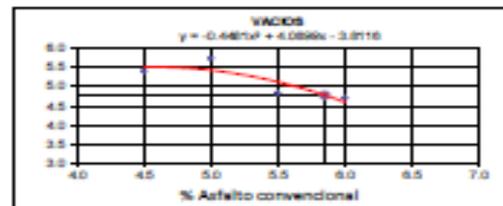
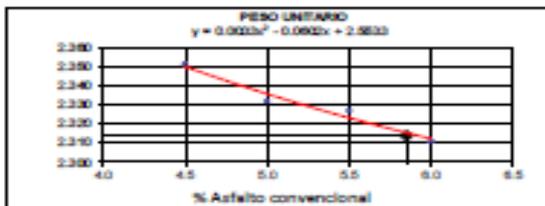
**UBICACIÓN** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

**Fecha** : 15 de Junio del 2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

**Identificación** : Mezcla de agregados

**Descripción** : MAC-2 PATRÓN TRANSITO PESADO T-75 GOLPES; INC. (1.00% C.C.O.S)



**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

GOLPES	75	75
% C.A.	5.85	
P. UNITARIO	2.314	
VACIOS	4.8	5 - 5
V.M.A.	18.0	14.0
V.L.L.C.A.	73.3	
POLVO / ASFALTO	0.84	0.8 - 1.3
FLUJO	11.6	8-14
ESTABILIDAD	1380.2	5.44 KN.
ESTABILIDAD / FLUJO	3157.8	1700 - 4000

ANEXO 6. Panel fotográfico

*Ensayo de peso unitario para los agregados gruesos y finos*



*Ensayo de índice de plasticidad*



*Ensayo de gravedad específica y absorción (angularidad del agregado fino)*



*Ensayo de equivalente de arena*



*Control de temperatura a 140°C de los materiales, para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente*



*Combinación de los materiales para la elaboración de briquetas*



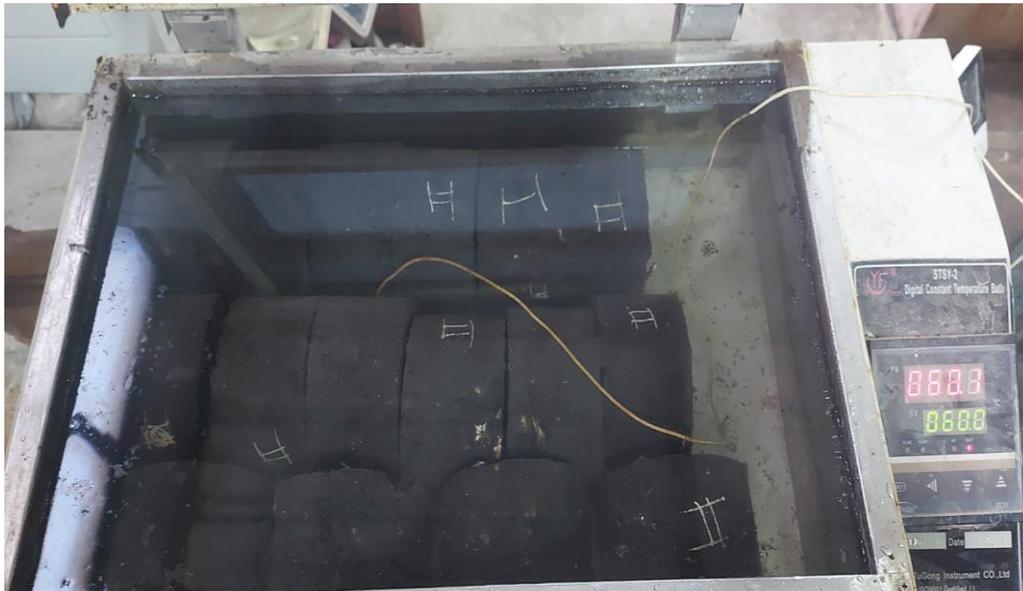
Compactación de muestras, de acuerdo al tipo de tránsito, elaborando un total de 180 briquetas para esta investigación



Control de peso de muestras; peso al aire y peso sumergido



Baño María durante 30-40 min; previamente a ensayarlas



Ensayo en la prensa Marshall de las briquetas, después del baño maría



*Ensayo de rice, para verificar en el diseño de mezcla asfáltica el porcentaje de vacíos*



*Elaboración de ensayos físico-químicos de las cenizas de Cascarilla de Oryza Sativa*

