



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De  
Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De  
Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación**

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

**Autores:**

Bach. Angaspilco Llamo Mariseli  
<https://orcid.org/0000-0001-7901-9078>

Bach. Millones Chapoñan Mario  
<https://orcid.org/0000-0001-8210-9728>

**Asesor:**

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

**Línea de Investigación:  
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel –Perú**

**2023**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS  
ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO  
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN**

**Aprobación del jurado**

---

MG. SALINAS VASQUEZ NESTOR RAUL

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MG. RUIZ SAAVEDRA NEPTON DAVID

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MG. CHAVEZ COTRINA CARLOS OVIDIO

**Vocal del Jurado de Tesis**

NOMBRE DEL TRABAJO

**AEvaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara D**

AUTOR

**Mariseli - Mario Angaspilco Llamo - Milones Chapoñán**

RECUENTO DE PALABRAS

**13616 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**65646 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**65 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 8, 2023 5:25 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 8, 2023 5:26 PM GMT-5****● 16% de similitud general**

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

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

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



Universidad  
Señor de Sipán

### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos egresados del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

### **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN.**

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, firma:

Angaspilco Llamo Mariseli	DNI: 75821299	
Millones Chapoñán Mario	DNI: 74246279	

Pimentel, 26 de Noviembre de 2023

## **Dedicatoria 1.**

### **A Dios**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, que me dio la salud, la comprensión y la fuerza para cumplir con las exigencias de mis estudios y me permitió completar este nivel de formación profesional. Ha sido un camino largo con muchos sacrificios, pero hoy estoy eternamente agradecida porque ha traído cambios positivos en mi vida y me ha permitido ser mejor persona.

### **A mi familia**

A todos los involucrados en este proceso, especialmente a mi madre, que me han acompañado en el camino y me han apoyado incondicional y desinteresadamente para lograr este hermoso sueño de ser profesional, una meta que en algún momento parecía inalcanzable.

**Bach. Mariseli Angaspilco Llamo**

## **Dedicatoria 2.**

### **A Dios y mi familia**

A Dios por ser mi mayor guía y por haber permitido llegar hasta aquí, cumpliendo con éxito mis metas trazadas y culminando con éxito de trayecto estos 5 años de carrera profesional.

A mis padres por su gran apoyo incondicional, el esfuerzo que día a día hacen para darme lo mejor, con alegrías y adversidades ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

**Bach. Mario Millones Chapoñan.**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a Dios por cuidarme, por protegerme, por bendecirme siempre y por darme la oportunidad de celebrar esta meta con mi familia. Fue su voluntad que continuara mi educación en la universidad y por su infinito amor, ahora estoy culminando una etapa de formación personal y profesional.

A mi familia, por todo su esfuerzo en este proceso de formación, luchando por tener las condiciones adecuadas y haciendo que nunca me falte nada. Son una parte importante de este logro y siempre tendrán mi afecto, respeto y cariño incondicional.

A todos los docentes que han compartido sus conocimientos, tiempo y amistad. A mis compañeros de clase y amigos, con los que me he sentido cómoda y espero que nuestra amistad perdure siempre.

Agradezco infinitamente el apoyo de todas las personas que me motivaron cuando las cosas no marchaban bien, por las oraciones de mi familia, que estoy segura han sido escuchadas, y con la ayuda de Dios, he logrado concretar un gran paso en mi desarrollo personal y profesional.

Gracias.

**Bach. Mariseli Angaspilco Llamo**

A Dios por brindarnos la vida, salud, fuerza y la culminación por mi vida universitaria, por tener a mis padres presente en todo momento con su apoyo incondicional.

A mi familia, porque cada uno de ellos a sido parte y pieza fundamental en los logros de mi vida.

A los docentes de la escuela profesional de ingeniería civil ya que cumplen una labor muy importante de dirigir y formar en conocimientos académicos para la culminación de la carrera universitaria.

A mis mejores amigos que a lo largo de mi vida universitaria fueron parte de este proceso la cual estoy infinitamente agradecido.

**Bach. Mario Millones Chapoñan.**

## Índice

DEDICATORIA 1.....	5
DEDICATORIA 2.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
I. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	6
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3. HIPÓTESIS.....	12
1.4. OBJETIVOS.....	12
1.5. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	13
II. MATERIALES Y MÉTODO.....	28
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	28
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.....	29
2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO, MUESTRA, MUESTREO Y CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	32
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD ..	33
2.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	33
.....	43
2.6. CRITERIOS ÉTICOS.....	46
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.1. RESULTADOS.....	47
3.2. DISCUSIÓN.....	66
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
4.1. CONCLUSIONES.....	70
4.2. RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS.....	73
ANEXO.....	83

## Índice de Tablas

Tabla I Composición química del Cemento Asfáltico [30].....	14
Tabla II La composición de la CCA [44]. .....	17
Tabla III Número de golpes según el tipo de tránsito [61].....	21
Tabla IV Especificaciones Técnicas Para los Agregados Gruesos [61] .....	22
Tabla V Especificaciones técnica para el agregado fino [61].....	23
Tabla VI Especificaciones técnicas para MA en caliente [61]. .....	23
Tabla VII Mezclas asfálticas en1 caliente [61]. .....	24
Tabla VIII Operacionalización de la variable independiente .....	30
Tabla IX Operacionalización de variable dependiente.....	31
Tabla X Cantidad de briquetas realizadas.....	32
Tabla XI Ensayos realizados a las muestras de CCA.....	38
Tabla XII Porcentajes de quemado de la cáscara de arroz. ....	47
Tabla XIII Composición físico químico de las 4 muestras de ceniza cáscara de arroz. ....	48
Tabla XIV Resultado de control de calidad del agregado fino .....	51
Tabla XV Resultado de control de calidad del agregado grueso .....	52
Tabla XVI Granulometría de los agregados combinados .....	52
Tabla XVII Resultados óptimos de diseño de asfalto en mezcla patrón .....	54
Tabla XVIII Resultados de adiciones en 2.5%, 5%, 7.5%, 10% de ceniza en la mezcla asfáltica patrón para un pavimento ligero.....	62
Tabla XIX Resultados de adiciones en 2.5%, 5%, 7.5%, 10% de ceniza en la mezcla asfáltica patrón para un pavimento mediano.....	63
Tabla XX Porcentajes de quemado de la cáscara de arroz.....	64
Tabla XXI Comparación y evaluación de los resultados del diseño de mezcla asfáltica óptimo.....	65

## Índice de Figuras

Fig. 1 Obtención del asfalto [29].	14
Fig. 2. Diagrama de la generación de CCA [41].	17
Fig. 3. Aparato de la Prueba de Marshall [55]	20
Fig. 4. Prueba compactada [59].	21
Fig. 5. Capas de los tipos de pavimento [64].	25
Fig. 6 Diagrama de flujo de procesos.	34
Fig. 7 Insumo para el desarrollo de la investigación.	35
Fig. 8 Horno de quema.	36
Fig. 9 Quemado de la cáscara de arroz al 600°C y 650 °C.	37
Fig. 10 Quemado de la cáscara de arroz al 700 °C y 750 °C.	37
Fig. 11 Tamizado de la CCA.	38
Fig. 12 Tamizado de las CCA.	39
Fig. 13 Pesado de cada muestra a 22.05 gr.	39
Fig. 14. Muestras para el análisis en laboratorio.	39
Fig. 15 Ensayo equivalente de arena.	40
Fig. 16 Ensayo de densidad, absorción del agregado grueso.	41
Fig. 17 Combinación de los agregados para elaboración de briquetas	42
Fig. 18 Combinación de los agregados, CCA y líquido asfáltico.	42
Fig. 19 Briquetas asfálticas sometidas a compactación.	43
Fig. 20 Extracción de briquetas asfálticas.	43
Fig. 21 Total de briquetas 225.	44
Fig. 22 Ensayo de Estabilidad; Flujo – Método Marshall.	45
Fig. 23 Rotura de briquetas con el Método Marshall.	45
Fig. 24 Muestra 01 para la CCA a temperatura de 600°C	48
Fig. 25 Muestra 2 para la CCA a temperatura de 650°C	49
Fig. 26 Muestra 3 para la CCA a temperatura de 700°C	49
Fig. 27 Muestra 4 para la CCA a temperatura de 750°C	50
Fig. 28 Resumen general de las muestras químicas CCA	50
Fig. 29 Curva granulométrica combinada del agregado fino y grueso	53
Fig. 30 Peso Unitario – Pavimento Ligero	54
Fig. 31 Porcentaje de Vacíos – Pavimento Ligero	55
Fig. 32 Porcentaje vacíos del agregado mineral.	55
Fig. 33 Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico – Pavimento Ligero	55
Fig. 34 Flujo – Pavimento Ligero	56
Fig. 35 Estabilidad – Pavimento Ligero	56
Fig. 36 Peso Unitario – Pavimento Mediano	57
Fig. 37 Porcentaje de Vacíos – Pavimento Mediano	57
Fig. 38 Porcentaje de vacíos del agregado mineral – Pavimento Mediano	57
Fig. 39 Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico – Pavimento mediano	58
Fig. 40 Flujo – Pavimento Mediano	58
Fig. 41 Estabilidad – Pavimento mediano	58
Fig. 42 Peso Unitario – Pavimento Pesado	59
Fig. 43 Porcentaje de Vacíos – Pavimento Pesado	59
Fig. 44 Porcentaje de vacíos del agregado mineral – Pavimento Pesado	60
Fig. 45 Porcentaje de vacíos llenados de cemento asfáltico– Pavimento Pesado	60
Fig. 46 Flujo – Pavimento Pesado	60
Fig. 47 Estabilidad – Pavimento Pesado	61

## **Índice de Anexos**

Anexo I Análisis químico de las cenizas de cascarilla de arroz .....	84
Anexo II Certificado de calibración de equipos del laboratorio “RIVERO S.A.C - RIVALAB S.A.C” .....	87
Anexo III Certificado de calibración de equipos del laboratorio “FERMATI CONSTRUCTURA Y SERVICIOS GENERALES” .....	93
Anexo IV Certificado del laboratorio por INDECOPI.....	104
Anexo V Autorización del laboratorio para recolección de información. ....	106
Anexo VI Acreditación del laboratorio .....	108
Anexo VII Ensayos en laboratorio. ....	110
Anexo VIII Firma de jueces expertos.....	154
Anexo IX Fiabilidad Estadística.....	165
Anexo X Panel Fotográfico .....	171

## Resumen

En la actualidad, la acumulación de residuos industriales está creando problemas ecológicos, con ello las técnicas de eliminación que se usa han sido bastante perjudiciales para el medio ambiente, es por ello que en esta investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánico de mezclas asfálticas, añadiendo ceniza de cáscara de arroz como aditivo con fines de pavimentación. Se empleó una metodología de tipo aplicada y de diseño experimental, la población fueron briquetas con asfalto producido convencionalmente y briquetas de asfalto experimentales con ceniza de cáscara de arroz, la muestra fueron 225 briquetas para tránsito pesado, mediano y ligero. Se evaluó la adición de la ceniza de cáscara de arroz, para el diseño óptimo de un pavimento asfáltico, teniendo como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánico que resulta la adición de la ceniza en la mezcla asfáltica. Desarrollándose la metodología Marshall en porcentajes de ceniza en 2.50%, 5.00%, 7.50%, 10.00%. Los resultados desarrollados cumplieron con los parámetros de calidad tanto de los agregados y con el diseño de mezcla asfáltica. Se concluye que el estudio de la cáscara de arroz incinerado a 750C° con un 83% de óxidos combinados, muestra mejoras sobre la mezcla asfáltica convencional, siendo un 7.5% de ceniza como la dosificación óptima mejorando la estabilidad y el índice de rigidez, en un pavimento ligero en 1292.8Kg y 3863.4Kg/cm, para un pavimento mediano en 1340.5Kg y 4646.8 kg/cm, para un pavimento pesado en 1660.2kg y 3880.4 kg/cm respectivamente.

**Palabras claves:** Ceniza de cáscara de arroz, mezcla asfáltica, pavimentación, método Marshall.

## Abstract

Currently, the accumulation of industrial waste is creating ecological problems, therefore the disposal techniques used have been quite harmful to the environment, which is why this research aims to evaluate the physical-mechanical properties of mixtures. asphalt, adding rice husk ash as an additive for paving purposes. An applied methodology and experimental design was used, the population was briquettes with conventionally produced asphalt and experimental asphalt briquettes with rice husk ash, the sample was 225 briquettes for heavy, medium and light traffic. The addition of rice husk ash was evaluated for the optimal design of an asphalt pavement, with the objective of evaluating the physical-mechanical properties resulting from the addition of ash to the asphalt mixture. Developing the Marshall methodology in ash percentages of 2.50%, 5.00%, 7.50%, 10.00%. The results developed met the quality parameters of both the aggregates and the asphalt mix design. It is concluded that the study of rice husk incinerated at 750C° with 83% combined oxides shows improvements over the conventional asphalt mixture, with 7.5% ash being the optimal dosage, improving stability and stiffness index, in a light pavement at 1292.8Kg and 3863.4Kg/cm, for a medium pavement at 1340.5Kg and 4646.8 kg/cm, for a heavy pavement at 1660.2kg and 3880.4 kg/cm respectively.

**Keywords:** Rice husk ash, asphalt mixture, paving, Marshall method.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

Mundialmente se ha reconocido, que existe gran preocupación con respecto a desechos agrícolas e industriales en grandes volúmenes, ya que el uso del mismo consume recursos que son naturales y su acumulación está creando problemas ecológicos que afecta a cada habitante del planeta [1]. Las técnicas de eliminación que se usa han sido bastante perjudiciales para el medio ambiente, no obstante, hoy en día se identificó que reciclar estos materiales ayudarían a tener mayor sostenibilidad y minimizando la contaminación del medio ambiente [2], [3]. Tal es el caso de Perú, que es uno de los países con serios problemas de contaminación y degradación de los hábitats naturales. Su población es creciente y su modelo de desarrollo es elevado, sin embargo, el país sufre graves problemas que en su mayoría es por el uso inseguro de sus recursos naturales [4].

En tanto, el uso de materiales desechables en los pavimentos de las carreteras sería extremadamente eficaz en términos de reciclaje, en cuanto a infraestructura vial se ha determinado que sería parte importante del desarrollo de las ciudades, ya que existe alta actividad comercial ascendente [5], [6]. La razón es por el volumen de tráfico, la construcción y los errores de diseño causan daños importantes al pavimento asfáltico, incluido surcos, fatiga y agrietamiento debido a la baja temperatura que reduce el rendimiento del pavimento de la carretera [7].

El sistema vial nacional indica que actualmente en el Perú existe 1.93 kilómetros de regiones con vías sin pavimentar, así mismo, 62 kilómetros de vías suburbanas o urbanas están con pavimentación, a nivel nacional, el 11% de caminos están pavimentados y un 89% todavía están sin pavimentar [8]. El estado actual de pavimentación en la zona sur presenta diversas fallas después de su construcción, es decir; a lo largo de la vida del proyecto [9]

Estos daños conducen a un incremento del costo de mantenimiento, además, las propiedades del ligante asfáltico como el comportamiento viscoelástico, la resistencia y la tasa de deformación plástica están estrechamente relacionadas con estos daños; y el ligante

asfáltico juega un rol importante en el comportamiento de mezcla asfáltica (MA) [10], [11]. Es por ello que han surgido investigaciones para reutilizar los materiales reciclables que se pueden utilizar como aditivo de asfalto, agregados y modificadores de asfalto como cáscara de arroz (CA), entre otros [12], [13]. Cabe mencionar que Lambayeque cuenta con una gran cantidad de cascarilla de arroz de alrededor de 5.000 toneladas diarias, que produce residuos agrícolas industriales nocivos para el medio ambiente [14].

Ahora bien, las MA que contienen ceniza de cáscara de arroz (CCA) que viene siendo el producto de desecho de los molinos de arroz, tienen mejoras en sus propiedades; además de aportar valiosos beneficios en el ámbito ambiental, social y económico [15]. Desde que se han desarrollado nuevas aplicaciones técnicas y se ha mejorado la calidad y longevidad, la concientización sobre el deterioro de la capa asfáltica es un inconveniente que se ha resuelto exitosamente en el Perú; por lo que la modificación del asfalto es una técnica novedosa que serviría para aprovechar de manera efectiva el asfalto en el pavimento con único fin de mejorar sus propiedades físico-mecánico [16].

Behak [17] en su artículo científico titulada “Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, CCA y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación” tiene como objetivo analizar sus propiedades físico-mecánico de la CCA además de hallar soluciones económicas y ambientales. La metodología del estudio fue de tipo aplicada y diseño de tipo experimental, la población es la CCA y la muestra es la mezcla de suelo con CCA y cal en la composición mineralógica. De modo que los resultados al añadir un 20% de CCA al suelo mejora su resistencia a la compresión, así mismo el difractograma dictaminó que existe presencia de carbón. Concluyendo que esta mezcla mejora significativamente la capa sub base en el pavimento, además de que se debe controlar la temperatura de quemado de la CA para resultados más óptimos.

Acuña et al. [18] en su investigación de pregrado titulado “Uso de la CCA como alternativa para mejorar las subrasantes arcillosas en pavimentos” tuvieron como objetivo hallar sus propiedades mecánicas beneficiosas de la CCA para la estabilización de un

pavimento. La metodología del estudio fue de tipo básica y diseño observacional, la población son investigaciones y la muestra son los resultados de la población donde utilizaron porcentajes de CCA a un 3%, 10% y 15%. Como resultados presentaron que la CCA en el proceso de calcinación, la combustión controlada quita la materia orgánica dejando residuo en sílice beneficioso. Concluyeron que la función de  $t^\circ$  y la duración de calcinación, se puede llegar a tener una estructura amorfa de considerable actividad puzolánica el cual beneficia al pavimento.

Rodríguez [19] en su investigación de pregrado titulado “Evaluación de la CCA como suplemento al cemento en mezclas de concreto”, tuvieron como objetivo utilizar la CCA como suplementaria parcial del cemento, para la determinación de sus propiedades físico-mecánico. La metodología del estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental, la población es la CCA y la muestra es los datos que se extrajeron experimentalmente a través de ensayos en laboratorio. Como resultados presentaron que una correcta CCA produce un porcentaje de sílice importante además que, si se quema a una temperatura de  $750^\circ\text{C}$ , sus propiedades químicas oscilan en  $\text{SiO}_2$  con 80.3%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con 0.02%,  $\text{CaO}$  con 0.71 y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con 0.75 %. Concluyeron que la CCA al presentar material puzolánico hace que se suplemente con el cemento y agua para su reacción química.

Yan et al. [20] en su artículo científico titulado “Study and Performancce of Emulsified Asphalt Coold Recycle Mixturee Mix witht Ricce Husk Ash”, tuvieron como objetico, estudiar si la CCA se puede usar como relleno en MA emulsionada reciclada en frío en beneficio de sus propiedades mecánicas. La metodología del estudio fue de tipo aplicada y el diseño de tipo experimental, la población es la CCA y la muestra es los elementos principales de la CCA que se obtuvo con el equipo electrónico de microscopio de barrido. Como resultados presentaron, que la CCA para cumplir con los requisitos de rendimiento a baja temperatura y estabilidad del agua, el porcentaje no debe exceder el 3% de la suma de la masa del agregado. Concluyeron que es factible agregar CCA a la MA emulsionada reciclada en frío como base para carreteras, ya que estas mejoran sus propiedades mecánicas.

Chávez [21] en su investigación de pregrado titulada “Estudio del comportamiento de la MA para pavimentos flexibles añadiendo CCA, Lima 2022” tiene como objetivo determinar la influencia de adición de CCA con la metodología Marshall. La metodología de estudio es básica y diseño de tipo cuasi experimental, la población son las briquetas patrón y las briquetas modificadas, en la muestra fueron 21 briquetas de composición asfáltica entre las cuales estará el diseño patrón y 9 briquetas de composición asfáltica modificadas. Como resultados presentaron que el rango que establece según su diseño de MA es de 4.5% hasta 8% en una relación de porcentaje de vacíos con ceniza agregada de 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Concluyeron que el cemento asfáltico PEN 60/70 (CAP) óptimo es al 5.5%, el asfalto patrón goza de una capacidad de vacíos del 4.8%.

Li et al. [22] en su artículo científico de titulado “Study on the Aging Mechanism and Microstructure Analysis of Rice-Husk-Ash and Rubber-Powder-Modified Asphalt”, tuvieron como objetivo analizar la mejora en sus propiedades mecánicas del aglutinante de resistencia al envejecimiento añadiendo CCA. La metodología del estudio fue de tipo aplicada y diseño de tipo experimental, la población es la CCA y la muestra es el 7% CCA que se utilizó como modificador combinado para el asfalto. Como resultados presentaron que los modificadores de CCA se dispersaron uniformemente dentro del ligante asfáltico. Concluyeron que al adicionar CCA al 7% mejoran sus propiedades mecánicas del aglutinante de resistencia al envejecimiento por oxidación térmica.

Lukjan et al. [23] en su artículo científico titulado “Evaluation on Mechanical Deterioration of the Asphalt Mixtures Containing Waste Materials When Exposed to Corrosion Solutions”, tuvieron como objetivo la evaluación del deterioro mecánico de la MA que contienen materiales de desecho cuando se exponen a soluciones de corrosión. La metodología del estudio fue de tipo aplicada y el diseño fue de tipo experimental, la población fue los materiales desechables y la muestra consistió en el sumergiendo las muestras de la mezcla en cuatro tipos de soluciones de agua. Como resultados presentaron que el grado en el que se reduce la resistencia a la tracción depende principalmente del tipo de soluciones de

corrosión, tipo de mezclas, destacando la CCA si se le añade en un 7% a la MA. Concluyeron que la CCA muestra la mayor capacidad para resistir las soluciones de corrosión.

Zambrano [24] en su investigación de pregrado titulada “Adición de CCA en las propiedades físico-mecánica-dinámico de asfalto para reparación de la ciudad de Carabayllo-2019”, tiene como objetivo, analizar los efectos que conlleva adicionar CCA a un 5% de las propiedades físico-dinámico de las MA. La metodología del estudio fue tipo aplicada y diseño de tipo experimental, la población es el asfalto con la CCA y la muestra fueron 40 briquetas de asfalto con cantidades de CCA de 0% hasta 8%; para el ensayo de resistencia al daño se empleó 5% de CCA en 10 briquetas y el 6 % con el óptimo contenido de asfalto en 30. Como resultados presentó que los vacíos de aire con un 3.74% y el esfuerzo a tensión con 1% con un peso específico en 1.22% existen si se añade el 5% de CCA a la MA. Se concluye que si se añade 5% de ceniza a la MA tiene un efecto positivo sobre sus propiedades.

Mondragón y Sevillano [25] en su investigación de pregrado titulada “Diseño de pavimento flexible utilizando CCA para mejorar la estabilidad-flujo vial del jirón Túpac Amaru – Morales del 2019”, tiene como objetivo, comparar las alfombras de las MA tradicionales añadiendo la CCA trabajada en porcentajes obteniendo un correcto diseño para pavimentos flexibles. La metodología del estudio fue tipo aplicada y diseño experimental, la población la CCA y la muestra fueron 4 briquetas para el diseño convencional y en diferentes porcentajes de CCA. Como resultados presentó que un porcentaje de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de CCA en las MA tiene una rigurosa relación con el cemento. Se concluye que porcentajes del 1% al 5% de CCA aumenta la durabilidad en las MA.

Castillo [26] en su investigación de pregrado titulada “Caracterización de las MA con adicionando CCA a un 11%” tuvieron como objetivo comparar el diseño de las MA empleando el 11% de CCA determinando de la deformación a la resistencia del diseño asfáltico. La metodología de estudio es de tipo aplicada y diseño experimental, la población es la CCA y la muestra fueron 24 briquetas del que se halló la resistencia a la deformación en cada porcentaje. Como resultados presentó que al añadir el 11% de CCA se logró obtener 2128 kg/cm, 2189 kg/cm, 2245 kg/cm y 2197 kg/cm para cada porcentaje de CAP de 4,4.5 y 5%

respectivamente en la deformación de la carpeta asfáltica. Se concluye que la CCA da mayor durabilidad, mayor estabilidad y una baja deformación al pavimento.

Núñez [27] en su investigación de pregrado titulada “Evaluación a la resistencia a la compresión de bloques de concreto con adición de CCA en Chiclayo”, tiene como objetivo combinar la proporción de la CCA mejorando su resistencia a la compresión en los bloques de hormigón. La metodología fue de diseño experimental y aplicada la cual, la población es la CCA y la muestra fueron 4 muestras en diferentes combinaciones con porcentajes de CCA y porcentajes de cachaza encontrando el óptimo en la elaboración de bloques consiguiendo los mayores esfuerzos de compresión. Como resultados presentó que las probetas de concreto con la adición de la CCA se obtuvo mejores resultados con un incremento de 12.82% siendo el más óptimo. Se concluye que la adición de CCA en el 5% mejora la resistencia mecánica en el concreto la cual, la adición de CCA contiene propiedades significativas.

Cabrejos [28] en su investigación de pregrado titulado “Influencia del CCA en las propiedades físicas - mecánicas de una MA, Trujillo 2021”, tuvieron como objetivo determinar las propiedades físico-mecánico que influyen en la MA con CCA. La metodología de estudio es de tipo aplicada y diseño experimental, la población son las propiedades físico-mecánico de pavimentos flexibles en Trujillo, la muestra fueron 45 especímenes con diferentes porcentajes de piedra y arena, así mismo con CCA. Como resultados presentaron que pavimento pesado con 75 golpes de espécimen la cual su estabilidad da a un 8.48 KN, una fluencia de 8.32 mm y un porcentaje de vacíos de 3.1%, debido a que el CCA no presenta alto contenido de sílice. Concluyeron que hubo un logro porcentual perceptible en la MA dentro de sus propiedades principales añadiendo CCA.

Jayvant et al. [29] en su artículo científico titulado “Utilization of solid waste material as alternative filler in asphalt mixes: A review”, tuvieron como objetivo, investigar el rendimiento de más de 20 tipos diferentes de residuos obtenidos de diversas fuentes en 30 países principales. La metodología del estudio fue de tipo aplicada y el diseño fue de tipo pre experimental, la población fueron materiales desechables y la muestra es las brechas críticas

en la literatura existente. Como resultados presentaron que varios estudios en los últimos tiempos han sugerido que el uso de materiales de desecho en una proporción óptima como rellenos conduciría a la producción de MA sostenibles. Concluyeron que se pueden refinar más rellenos de desecho en un grado mayor que los estándares actuales.

Esta investigación está justificada ya que se observaron la deformación y el desempeño deficiente del pavimento en las carreteras, y la CCA es una solución capaz de ofrecer mejoras a sus características físico-mecánico de la MA utilizado en la pavimentación y al mismo tiempo hacer menor los costos que conlleva dar mantenimiento y completar su tiempo de vida útil, ya que la CCA no es muy costoso por ser un producto de desecho industrial de molinos del arroz, el cual es un residuo desechable que abunda en la región amazónica y el norte del Perú. Es por ello la importancia de considerar que sí es posible agregar CCA para mejorar el rendimiento del pavimento, además de llenar los vacíos en MA, como lo hace esta investigación, citando estudios que muestran resultados positivos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Qué efecto se tendrá en sus propiedades físico-mecánico de las MA añadiendo CCA como aditivo con fines de pavimentación?

## **1.3. Hipótesis**

Tendrá efectos favorables en sus propiedades físico-mecánico de las MA al añadir CCA como aditivo con fines de pavimentación.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar las propiedades físico-mecánico de las MA, añadiendo CCA como aditivo con fines de pavimentación.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar las propiedades físico-químico de la CCA.
- Determinar las propiedades mecánicas del agregado fino y agregado grueso.
- Realizar la caracterización físico-mecánico de MA añadiendo CAP en cantidades 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% respectivamente, usando la metodología de Marshall.

- Determinar las características de las MA patrón con adiciones de CCA en 2.5%, 5%, 7.5% y 10% respectivamente.
- Evaluar el diseño óptimo y comparar las propiedades mecánicas para un pavimento asfáltico con adiciones de CCA para tránsito ligero, tránsito mediano y tránsito pesado.

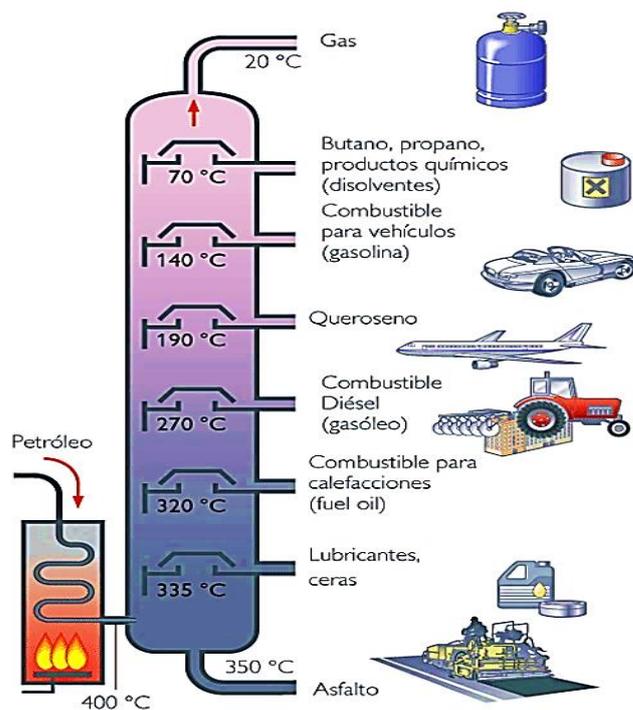
## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. Asfalto.**

Siendo el material más antiguo manejados en la arquitectura, siendo hoy en día el principal material de pavimento y un importante material impermeable [29]. Es un material viscoelástico sensible a la temperatura típico, puede reparar automáticamente micro fisuras internas bajo un período de descanso suficiente o condiciones de temperatura elevada, sin embargo, esta condición de curación idealizada no se puede lograr en un entorno de servicio normal [30]. Derivado del petróleo crudo, también conocido como betún. Si se desean elevados rendimientos de asfalto, se recomienda realizar destilación al vacío; si se desean rendimientos bajos o medios, el proceso se dividirá en 2 etapas, 1 a presión atmosférica y otra sin ella [31].

El proceso en crudo requiere simplemente exponerlo a una temperatura aproximada de 335 °C, vaporizándose algunos de sus constituyentes. Se transfiere a un espacio de destilación, donde se condensa [32]. El componente intermedio se utiliza para extraer el diésel y kerosene, mientras que lo restante se coloca en una destilación al vacío con la finalidad de producir petróleo pesado. Estos son sometidos a bajas temperaturas para evitar el deterioro del cemento [31].

La extracción de derivados del petróleo para obtener asfalto se realiza en estructuras conocidas como Torres de Fraccionamiento, como se señala la Fig.1.



**Fig. 1** Obtención del asfalto [30].

El asfalto es compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, azufre y, en ciertos casos, hierro, ácido nítrico y vanadio. de estos elementos contribuyen a su consistencia, aglutinación y ductilidad [33].

En conclusión, su composición química es 90.1 % a 94.9% de hidrocarburos y 4.49% a 9.5% de heteroátomos, oscilando la cantidad de átomos de carbono por cada molécula de 20 a 120 [34]. Según investigaciones donde se analizaron los ligantes asfálticos definieron que la mayoría de los ligantes se derivan de una variedad de petróleos [31]. Varía dependiendo de dónde se haya extraído el petróleo crudo, el cual según análisis que se han realizado indican que los componentes químicos van según la tabla I.

**Tabla I**  
Composición química del CAP [31]

<b>Composición Química Del Cemento Asfáltico</b>	
Carbono	81.9% - 87.9%
Hidrogeno	7.9%-10.9%
Azufre	0%-5.9%
Oxigeno	0%-1.49%
Nitrógeno	0% a 1.49%

Las características mecánicas del asfalto son [33]:

- Durabilidad: Es la cantidad de tiempo que se puede mantener y a la eficacia de los agentes de envejecimiento.
- Consistencia: Se refiere al grado de consistencia y/o dureza, que está determinado por la temperatura.
- Viscosidad: Es la resistencia del fluido cuando se le aplica fuerza.
- Cohesión: Es la suficiencia del material para permanecer sólido, implicando que las partículas que contiene pavimento no se distribuyen de forma aleatoria.
- Elasticidad: Es la capacidad de los materiales de volver a su estado original después de ser aplicado o modificado.

#### **1.5.2. Relleno mineral (Filler).**

Esto se refiere al polvo mineral que se añade a toda el pétreo y que se considera el tamiz número 200. Por estos motivos, está sujeto al uso de MA y se vende como cemento normal o como polvo de piedra caliza [35].

Los beneficios del Filler utilizado como relleno mineral son los que se menciona a continuación:

- Rellenar los espacios vacíos entre los áridos, reduciéndolos y permitiendo una distribución estrecha y uniforme del graduado y las partículas [31].
- Aumentar la resistencia manejando adecuadamente la viscosidad del asfalto, que es alta cuando se combinan ambas y posibilita que la resistencia a la deformación sea mayor [31].
- Aumentar la durabilidad. Esto se logra porque el relleno actúa como relleno de huecos, disminuyendo la porosidad, impidiendo la entrada de aire y agua [31].

#### **1.5.3. Cáscara de arroz.**

Son las duras cubiertas protectoras de los granos de arroz que se dividen durante el proceso de molienda, así mismo, es un material desechable que abunda y está disponible en los países que producen de arroz [36]. En el curso de un proceso de molienda típico, se quitan las cáscaras del grano crudo para revelar arroz integral que, se estima que la producción actual en el mundo oscila a 700 millones de toneladas [37].

Así mismo, a menudo se desecha en vertederos o se infrutiliza, lo que genera impactos ambientales adversos y mayores costos económicos para los fabricantes de arroz [38]. Investigaciones indican que los materiales de desecho después de que se han eliminado los granos de arroz se pueden utilizar como fuente de energía, pero el alto contenido de cenizas, en relación con otros materiales de biomasa, hace que su uso sea problemático durante la combustión conjunta [36].

Su composición vegetal está compuesta por celulosa y sílice, y por sus propiedades se utilizan de diversas formas como combustibles alternativos, sustitutos de la madera, fertilizantes para cultivos y como aislantes agrícolas y de construcción [39].

#### **1.5.4. Ceniza de cáscara de arroz.**

La CCA es un elemento orgánico derivado de CA, del cual anualmente se generan grandes cantidades y la mayoría de ellas no se utilizan o se eliminan en vertederos, lo que provoca una grave degradación ambiental [40]. En determinadas zonas, la CCA se utiliza como combustible para sancochar el arroz en los molinos de arroz, mientras que en otros lugares se quema en el campo como combustible local, sin embargo, en estos casos la combustión dista mucho de ser completa y la quema parcial también contribuye a la contaminación del aire [41]. Se utilizan diferentes métodos de calcinación para producir CCA, por ejemplo, en el amplio espacio abierto, en hornos comerciales y artesanales, el lecho fluido [42].

Por otro lado, la mayoría de los componentes evaporables de la CA se pierden lentamente durante la quema y los principales residuos son los silicatos [36]. Las características de estas cenizas dependen mucho de la composición de la CA, la temperatura de combustión y el tiempo de combustión [43]. Retiene una gran cantidad de sílice biogénica y ha demostrado una buena reactividad puzolánica que puede utilizarse como material de construcción sostenible [44].

La composición mineralógica de la CCA depende del material de origen y del proceso de producción, pero normalmente contiene alrededor de un 85-95 % de sílice amorfa; por lo tanto, se clasifica como puzolana clase N de acuerdo con la norma ASTM C618 [42].

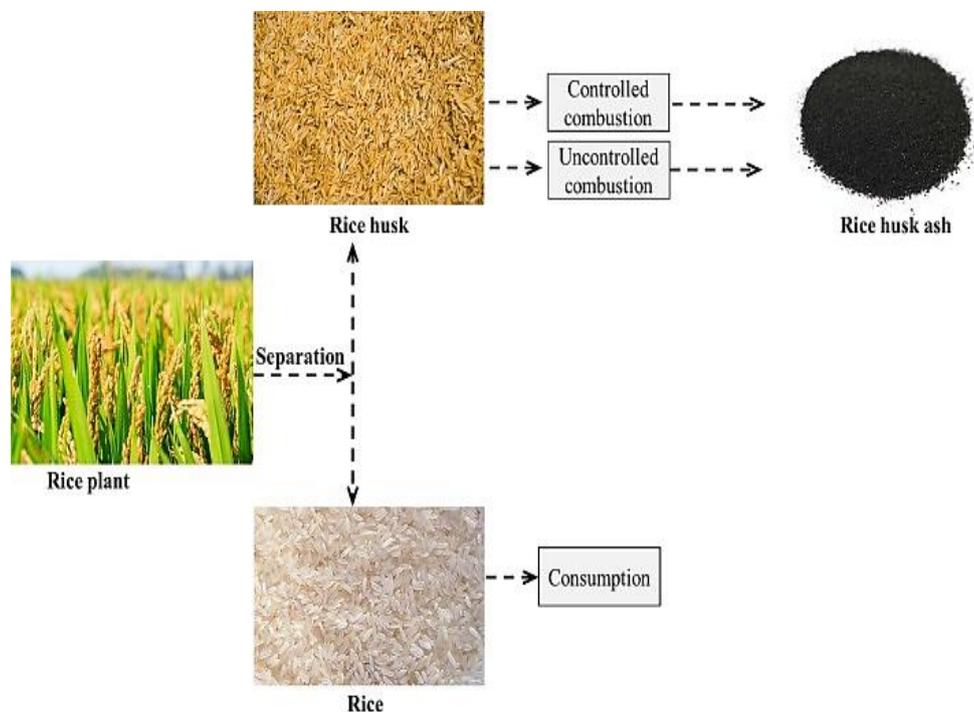
Para mayor detalle de composición físico químico de la CCA se detalle a continuación en la tabla II:

**Tabla II**  
La composición de la CCA [45].

Contenido, % peso.							
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
93,3	0,049	0,059	0,309	0,349	1.39	0.09	0,79
94.10%	0.12%	0.30%	0.55%	0.95%	2.10%	0.11%	0.41%

El procedimiento para la obtención de la CCA es en primero lugar sacar una muestra de CA estandariza cuarteándola antes de ser sometida a la calcinación, posteriormente mediante una calcinación cuidadosamente controlada, se tendrá en cuenta el tiempo de calcinación y la temperatura, finalmente durante la calcinación se utiliza el grado de quemado entre 400 y 900 °C , del cual se puede visualizar el color de las cenizas que varía según la temperatura [42].

A continuación, en la Fig. 2 se muestra el proceso de generación de la planta de arroz a CCA.



**Fig. 2.** Diagrama de la generación de CCA [42].

### 1.5.5. Mezclas Asfálticas.

Contienen aglutinante asfáltico y áridos, betún o aditivos correspondientemente, por otro lado, los agregados se logran obtener de la trituración de las canteras y almacenamiento según se tamaño [46]. Las MA es el elemento crucial para la durabilidad y construcción de pavimentos, entre ellos tenemos al pavimento flexible es considerado en la construcción una de las mejores opciones de construcción [47].

Usar la MA con una combinación adicional contribuye en que se utilice menos cemento y por lo tanto menos energía, lo que genera ahorros de energía no renovable, ayuda a proteger y conservar el medio ambiente, y usarlo mejora significativamente sus propiedades al cemento y la resistencia del concreto [48]. El uso de rellenos en MA puede aumentar potencialmente la durabilidad y su capacidad para resistir el agua [49].

El contenido de asfalto en la MA debe aumentarse para la compensación del material aglutinante que se introduce en los poros del agregado [50]. Si no se realiza ese ajuste, la mezcla puede quedar seca y rígida, del cual será necesario aumentar la cantidad de energía de compactación necesaria para lograr densidad en la mezcla y la mezcla tendrá tendencia a deformarse en servicio [51].

La MA para la pavimentación se elaborará y analizará en laboratorios; se extraerá una muestra para determinar su desempeño en el pavimento del cual estas características que pueden ser tomadas son [49]:

- La densidad de la combinación o mezcla: Esta se define como el peso del volumen específico de la mezcla el cual se expresa en  $\text{kg} \cdot \text{m}^3$ , en general, la densidad alta del pavimento mejora el rendimiento de la mezcla, pero a veces necesitan puntajes más bajos que los del laboratorio para ser aceptados.
- Vacíos en el agregado mineral: Se da al espacio en relación a las mezclas compactas y los agregados, que incluye el espacio que está lleno de asfalto.
- Vacíos de aire: Son indiscutiblemente estrechos y se pueden encontrar en los áridos de la MA tras la compactación, sin embargo, en la práctica, se requiere cierta cantidad de

huecos para que el asfalto pueda fluir durante la compactación, este porcentaje debe estar entre el 3 y el 5%, según lo permitido por los estándares de laboratorio.

- Asfalto en su interior o contenido: Se obtienen con criterios basados en el diseño que se empleará, también, se debe comprender la granulometría de la mezcla para determinar en el asfalto el contenido óptimo ya que una progresión más fina de la mezcla dará como resultado una superficie total mayor, mientras que una mezcla más espesa dará como resultado una superficie más pequeña, en definitiva, la adición de cualquier elemento como relleno puede cambiar significativamente sus propiedades a la mezcla, del cual se deben ajustar gradualmente para evitar problemas de eficiencia.

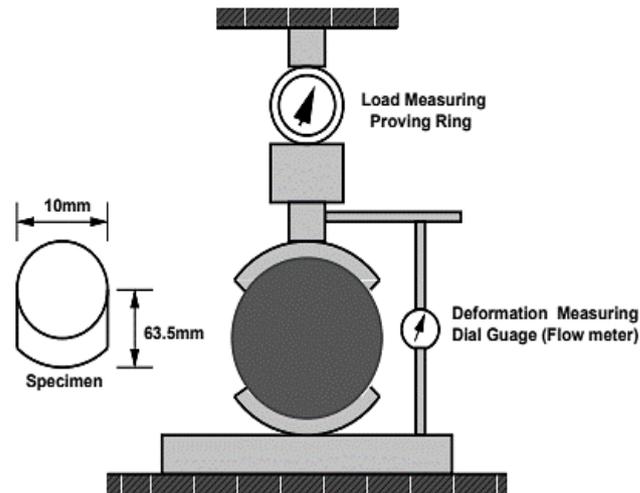
Ahora bien, en función al diseño de las MA es debido a que está correctamente diseñada para lograr propiedades óptimas [52]. Estos incluyen resistencia al agua, flexibilidad, fatiga, entre otros [53]. Todas las propiedades se deben evaluar para el desempeño del asfalto porque el objetivo en el diseño es garantizar todas las propiedades antes mencionadas en el pavimento [54].

#### **1.5.6. Método Marshall**

El diseño sólo se puede utilizar cuando el agregado y el CAP se aplican en caliente, y sólo se puede aplicar en piezas no mayores a una pulgada. [55]

Las especificaciones de la Prueba de Marshall son las que se mencionan a continuación [56]:

- Las muestras deben tener una altura generalmente de 64 mm y diámetro de 102 mm.
- Para un diseño de mezcla particular, se deben preparar al menos tres muestras.
- Las probetas compactadas se mantendrán sumergidas en agua de 30 a 40 minutos a 60°C
- Esta prueba está controlada por deformación mientras que con respecto a su velocidad de carga esta debe mantenerse en 51 mm/min, es decir, la placa base de la máquina de prueba se desplaza hacia arriba a la misma velocidad.



**Fig. 3.** Aparato de la Prueba de Marshall [56]

### 1.5.7. Estabilidad de Marshall.

El Método de Estabilidad Marshall se utiliza en el diseño de pavimentos para la determinación del contenido óptimo aglomerante del concreto asfáltico, del cual, realizar el ensayo de estabilidad de Marshall es parte del procedimiento de diseño de mezclas para pavimentos bituminosos [57].

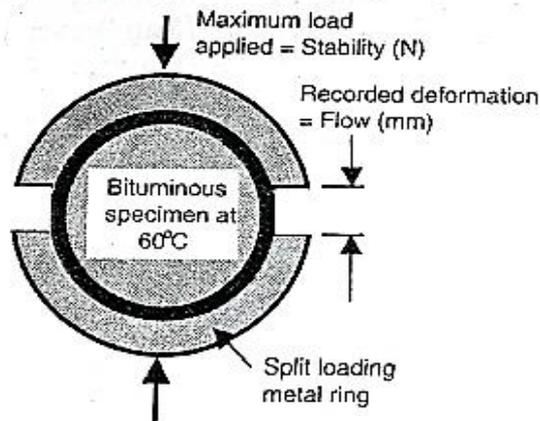
Los siguientes son los objetivos de realizar la prueba de estabilidad [58]:

- Anticipar el desempeño de una mezcla bituminosa preparada utilizando la metodología del diseño de mezclas Marshall.
- Determinar el valor de flujo y estabilidad de muestras de mezclas bituminosas endurecidas.
- Determinar el contenido óptimo de betún.

### 1.5.8. Valor de estabilidad y flujo de Marshall

El valor de la estabilidad se calcula matemáticamente una vez que se registra la lectura del anillo de prueba correspondiente al punto de falla en la muestra, mientras que el valor de flujo de Marshall es la deformación total (expresada en mm) que presenta una muestra hasta el punto de falla, generalmente expresada en 0,25 mm; esto se obtiene multiplicando la lectura del medidor de flujo por el recuento mínimo del medidor [59].

La siguiente Fig. 4 muestra la configuración de la prueba en la que la muestra de prueba compactada se coloca entre los anillos metálicos de carga dividida, donde, debajo del anillo inferior hay una placa base, el cual, para cargar la muestra en compresión la placa base se mueve hacia arriba a una velocidad de carga específica y predeterminada, finalmente, la carga aplicada se puede rastrear desde el anillo de prueba [60].



**Fig. 4.** Prueba compactada [60].

### 1.5.9. Valor de Fluencia Marshall

El término "valor de fluencia", que normalmente se expresa en centésimas de pulgada, describe el punto en el que el diámetro de la briqueta comienza a disminuir como resultado de la deformación. Las mezclas de pavimento con valores de estabilidad Marshall muy altos y bajos se denominan rígidas y quebradizas por estas razones. [61].

Además, aquellos con valores de fluencia altos se consideran demasiado plásticos porque tienen propensión a deformarse en respuesta a cargas de tráfico [62].

**Tabla III** Número de golpes según el tipo de tránsito [62].

Parámetros del diseño	Tipos de tránsito		
	Pesado(A)	Mediano (B)	Ligero(C)
Número de Golpes	70-75	45-50	30-35
Estabilidad mínima	8.14 KN	5.43 KN	4.52 KN
Flujo 0.01"	8-15	8-17	8-21
Vacíos de aire	3-5	3-5	3-5
Vacíos llenos	65-75%	65-78%	70-80%

Nota: De acuerdo al tipo de tránsito y la norma MTC EG, estas características son las que debería tener las briquetas asfálticas mediante el método de Marshall.

#### 1.5.10. Normativas y especificaciones para pavimento asfáltico.

De acuerdo con las normas establecidas y las especificaciones para el pavimento asfáltico, los procedimientos y pasos para realizar el diseño de MA son los siguientes:

**Tabla IV** Especificaciones Técnicas Para los Agregados Gruesos [62]

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

Nota: En la tabla IV menciona los requerimientos y características de los áridos gruesos que debe cumplir para realizar el diseño de las MA según el MTC.

Los agregados minerales finos se deben regir a la siguiente normativa indicada en tabla V:

**Tabla V** Especificaciones técnica para el agregado fino [62].

<b>REQUERIMIENTO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>Requerimientos</b>		
	<b>Altitud (msnm)</b>		
	<b>Mayor 3.000</b>	<b>Menor 3.000</b>	
Índice de Durabilidad	34.00% min	34.00% min	MTC.E214
Equivalente de Arena	60.01% min	70.01% min	MTC.E114
Angularidad	29.00% min	40.01% min	MTC.E222
Azul de metileno	7.5% máx.	7.9% máx	AASTHO57
Índice de Plasticidad (malla #40)	No Presenta	No Presenta	MTC.E111
Índice de Plasticidad (malla # 200)	3.00% máx.	No Presenta	MTC.E111
Sales solubles y totales	0.5% max.	0.5% máx.	MTC.E219
Absorción	0.5% máx.	0.5% máx.	MTC.E206

Nota: Para emplear los áridos finos en el diseño de las MA deberá cumplir las especificaciones de acuerdo con el MTC.

El encadenamiento se debe efectuara los parámetros y requerimientos de las MA en caliente para el uso granulométrico:

**Tabla VI** Especificaciones técnicas para MA en caliente [62].

<b>GRADACIÓN</b>			
<b>TAMIZ</b>	<b>% que pasan</b>		
	<b>MAC-1</b>	<b>MAC-2</b>	<b>MAC-3</b>
25.0mm (1")	100%		
19.0mm (3/4")	75% a 100%	100%	
12.5mm (1/2")	65% a 87%	75% a 100%	
9.55mm (3/8")	55% a 80%	70% a 88%	100%
4.75mm(N°4)	45% a 55%	49% a 70%	63% a 85%
2.0mm (N° 10)	30% a 48%	40% a 50%	41% a 60%
425mm(N°40)	15% a 27%	20% a 30%	15% a 30%
180mm(N°80)	10% a 18%	7% a 20%	10% a20%
75mm (N° 200)	3% a 10%	3% a 7%	4% a8%

Nota: En la tabla VI indica a los agregados combinados con las diferentes granulometrías que debe cumplir para realizar el diseño de las MA del MTC.

La MTC EG establece condiciones mínimas para MA en caliente:

**Tabla VII MA en caliente [62].**

Parámetros de Diseño	CLASE			
	Marshall	Pesado	Mediano	Ligero
Compactación, número de golpes por lado	75	50	35	
Estabilidad (mín.)	8.14 kn	5.43 kn	4.52 kn	
Flujo (0.01")	8 - 14.	8 - 15.	8 - 21.	
Vacíos de aire	3 - 5	3 - 5.	3 - 5.	
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		81 mín.		

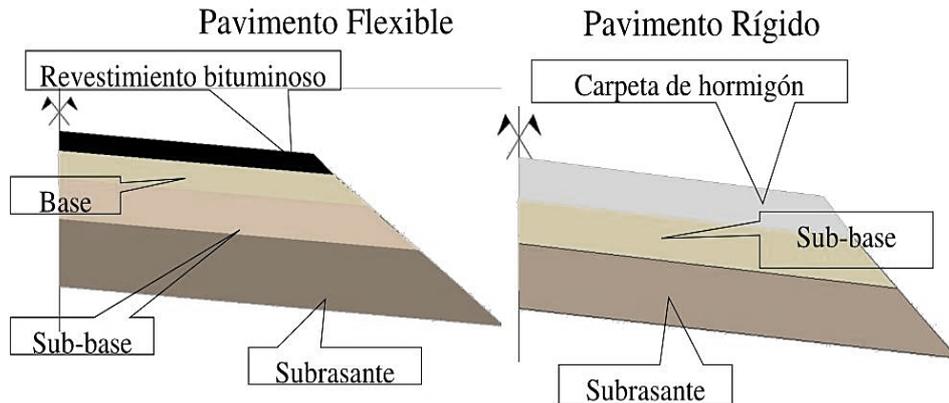
Nota: En la tabla VII indica las condiciones mínimas y de acuerdo al método Marshall para realizar el diseño de la MA.

#### 1.5.11. Pavimento asfáltico.

Es una parte esencial de la construcción y el desarrollo adecuados de carreteras, su capacidad esencial es considerar la progresión constante del tráfico, moderar la distribución de la carga y tener en cuenta que el paso seguro de vehículos y peatones sea el mismo, incluso en las zonas de estacionamiento sobre pavimento, el pavimento tiene varios propósitos importantes que a menudo son subestimados por el público en general [63].

Su función principal es distribuir las cargas de vehículos aplicadas a la subrasante a través de varias capas, debiendo proporcionar una resistencia al deslizamiento adecuada, una calidad de conducción legítima [64].

Existen dos tipos principales de pavimentos: pavimento rígido (que consta de una capa) y pavimento flexible (normalmente formado por varias capas), suelen estar hechos de materiales como asfalto u hormigón, pero también se pueden construir con piedra artificial, losas, adoquines, ladrillos, tejas o incluso madera [65].



**Fig. 5.** Capas de los tipos de pavimento [65].

Cuando se construyen pavimentos rígidos, se coloca una losa de hormigón in situ, reforzada o no, sobre una subbase granular [66], estos pueden soportar flujos de tráfico muy intensos y elevadas cargas por eje, en la actualidad son más comunes en zonas urbanas, puertos y localidades, donde los camiones pesados viajan lentamente, su vida útil de diseño suele ser de 40 años y la falla suele producirse debido al agrietamiento de las losas o a la degradación de las juntas [65]

Mientras tanto, el pavimento flexible por lo general tiene múltiples capas, a menudo con asfalto de carretera como capas superficiales, las cargas de las ruedas se transfieren mediante el contacto entre partículas del agregado a través de las capas granulares no unidas, el pavimento se apoya y protege la subrasante debajo del pavimento [67].

Entre sus propiedades del pavimento asfáltico tenemos a la viscosidad, el cual se define como un fluido que se opone a su flujo siempre y cuando a este se le aplique una fuerza; generalmente los fluidos que tienen viscosidad alta son los que presentan elevada resistencia a fluir [68]. Cabe mencionar que la viscosidad es proporcionalmente inversa a la temperatura; esto quiere decir que, a menos viscosidad, mayor temperatura [68].

Por otro lado, tenemos la propiedad de elasticidad, el cual consta en que los materiales pueden recuperar su estructuración al concluir y/o bajar la carga de modificación [69]. Seguidamente tenemos la propiedad de ductibilidad, que es capacidad en que se disipa la energía que contiene un material dentro de su rango plástico, la deformación de este es por

la rotura del material, el asfalto, sin embargo, mejorar sus propiedades aglomerantes gracias a la ductilidad [70].

La última característica es la durabilidad, que es la capacidad de resistir cosas como el colapso de los agregados, los cambios en las propiedades del asfalto y la delaminación MA [71].

También cambian con la edad y es conocido como endurecimiento por envejecimiento, siendo este el resultado de una serie de factores, siendo los principales [72]:

- Oxidación: Reacción del oxígeno con el ligante asfáltico.
- Volatilización: Es cuando se evapora los componentes más ligeros del ligante asfáltico. El cual va en función de la temperatura y ocurre durante la producción de asfalto caliente.
- Polimerización: combinación de moléculas similares para formar moléculas más grandes. Se cree que estas moléculas más grandes provocan un endurecimiento progresivo.
- Tixotropía: Propiedad del aglutinante asfáltico por la cual “fragmenta” cuando no se agita. Se cree que la tixotropía resulta de partículas hidrófilas suspendidas que forman una estructura reticular en todo el ligante asfáltico. Esto provoca un aumento de la viscosidad y, por tanto, del endurecimiento. Los efectos tixotrópicos pueden revertirse en cierta medida mediante el calor y la agitación. Los pavimentos con asfalto caliente con poco o ningún tráfico generalmente se asocian con endurecimiento tixotrópico.
- Sinéresis: La separación de líquidos menos viscosos de la red molecular del aglutinante asfáltico más viscoso. La pérdida de líquido endurece el asfalto y es causada por la contracción o reordenamiento de la estructura del ligante asfáltico debido a cambios físicos o químicos. La sinéresis es una forma de sangrado.

No existe una medida directa del envejecimiento del ligante asfáltico. Más bien, los efectos del envejecimiento se tienen en cuenta sometiendo muestras de ligante asfáltico a envejecimiento simulado y luego realizando otras pruebas físicas estándar [73].

El envejecimiento del aglomerante asfáltico se suele dividir en dos categorías [74]:

- Mediano plazo, que esto sucede cuando el ligante asfáltico se mezcla con agregados calientes en una instalación de mezcla de asfalto caliente.
- Largo plazo, que esto ocurre después de la construcción del pavimento con asfalto caliente y generalmente se debe a la exposición y carga ambiental.

#### **1.5.12. Tránsito**

El tráfico es el movimiento de personas y/o mercancías desplazándose de un lugar a otro, generalmente ocurre a lo largo de una instalación o camino específico que puede denominarse vía guía [75]. De lo anterior mencionada se considera movimiento a todo, excepto el de peatones, que sólo requiere fuerza humana, implica un vehículo de algún tipo que pueda servir para personas, mercancías, etc [76].

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

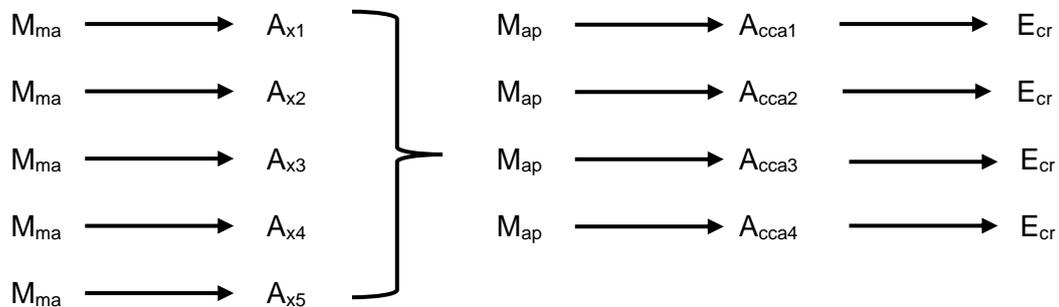
#### Tipo de investigación:

La presente investigación es de tipo aplicada, el cual considerado cuando hay problemas específicos del cual se requiere soluciones que aporten nueva información diseñada para hacerla útil con el respaldo de la fiabilidad [77].

#### Diseño de investigación:

Esta investigación es un diseño experimental, la cual la condición es someter una materia o grupo específico con múltiples intereses de análisis (variable independiente) a los efectos que este produzca (variable dependiente), de esta manera se obtendrá resultados a través de diferentes ensayos en laboratorio para evaluación y comparación de las muestras del mismo.

[77]. Presenta el siguiente esquema de diseño:



Donde:

$M_{ma}$ : Muestra de MA.

$A_{x1}$ : Adición de CAP al 4.5% a la muestra de la MA.

$A_{x2}$ : Adición de CAP al 5% a la muestra de la MA.

$A_{x3}$ : Adición de CAP al 5.5% a la muestra de la MA.

$A_{x4}$ : Adición de CAP al 6% a la muestra de la MA.

$A_{x5}$ : Adición de CAP al 6.5% a la muestra de la MA.

$M_{ap}$ : Muestra de MA patrón.

A<sub>cca1</sub>: Adición de CCA al 2.5% a la muestra de MA patrón.

A<sub>cca2</sub>: Adición de CCA al 5% a la muestra de MA patrón.

A<sub>cca3</sub>: Adición de CCA al 7.5% a la muestra de MA patrón.

A<sub>cca4</sub>: Adición de CCA al 10% a la muestra de MA patrón.

E<sub>cr</sub> : Evaluación y comparación de los resultados añadiendo CCA.

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **Variable Independiente**

Ceniza de cáscara de arroz.

### **Variable Dependiente**

Propiedades físico-mecánico de las MA.

### **Operacionalización**

Se muestra en la siguiente Tabla VIII para la variable independiente y para la variable dependiente.

**Tabla VIII** Operacionalización de la variable independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición	
CCA	Es el producto de la incineración de la CA [40]	La CCA se va a determinar a la t° de la incineración óptima, así como sus propiedades físico-químico.	Características físico-químico	Temperatura			°C			
				Análisis químico			%			
						Observación experimental y ficha de recolección de datos		%		
			% de incorporación	2.5%	Anexos		%	Numérica	De razón	
				5%						
	7.5%					%				
	10%					%				

**Tabla IX** Operacionalización de variable dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Propiedades físico-mecánico MA	Es el producto de los resultados de los ensayos por el método del Marshall [52]	Se Realizarán 225 briquetas asfálticas de control y con CCA en reemplazo parcial del filler.	Características físico	CAP	Anexos	Observación experimental y ficha de recolección de datos	%	Numérica	De razón
				Agregado fino			%		
				Agregado grueso			%		
			Filler	%					
			Características mecánico	Fluencia			mm		
				Estabilidad			kg		
							%		

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

#### **Población:**

Para el estudio de la población en este estudio incluyó todas las muestras. En los ensayos se utiliza la metodología Marshall con briquetas con asfalto producido convencionalmente y briquetas de asfalto experimentales con CCA.

#### **Muestra:**

Los materiales analizados en su estado natural fueron evaluados para hallar sus propiedades y características físico-mecánico siendo las muestras totales de 225 briquetas utilizando la metodología Marshall, añadiendo CAP en 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%, realizando 3 briquetas para cada porcentaje de CAP, siendo un total de 15 briquetas. Posteriormente para la MA patrón se le adicionó CCA en reemplazando parcialmente el filler, en porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% haciendo un total de 75 briquetas, seguidamente se realiza para cada uno de los 3 tipos de tránsitos, siendo pesado (A), mediano (B) y ligero (C).

A continuación, en la tabla X, se proporcionarán las cantidades de muestras elaboradas.

**Tabla X**

Cantidad de briquetas realizadas

	Descripción	Dosificación CCA (%)	Tipos de tránsito		
			Pesado (A)	Mediano (B)	Ligero (C)
MA Tradicional	MA+ 0.00%CCA	0	15	15	15
	MA+ 2.5%CCA	2.5	15	15	15
MA modificada	MA+ 5% CCA	5	15	15	15
	MA+ 7.5%CCA	7.5	15	15	15
	MA+ 10%CCA	10	15	15	15
			<b>Total</b>	<b>225</b>	

#### **Muestreo:**

Se determinará mediante un proceso con el fin de seleccionar las muestras, concluyendo que esta investigación es probabilística.

**Criterios de selección:**

Todos los departamentos del Perú, excepto Lambayeque.

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

La observación permitirá la toma de datos para el estudio, tal dicho proceso sistemático se obtendrá los datos al adicionar el aditivo de CCA con el objetivo de observar datos de las propiedades mecánicas de la CCA realizados en el laboratorio.

**Instrumentos de recolección de datos:**

La recolección de información se basa en artículos, tesis, libros y revistas con la finalidad de recolectar información sobre los pasos y métodos para obtener resultados precisos.

**Validez:**

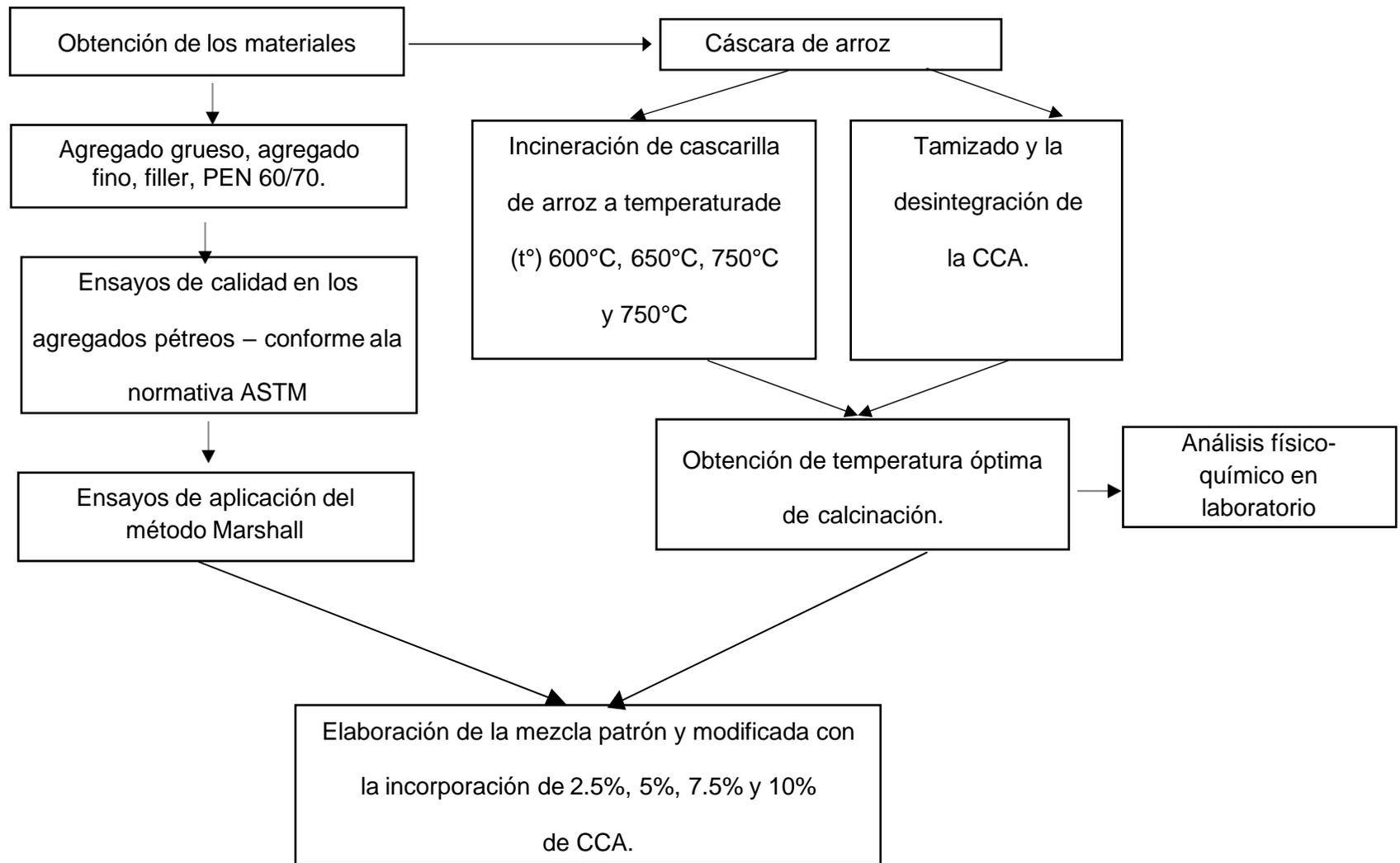
En el anexo VIII se encuentran los instrumentos que le dan validez a esta investigación.

**Confiabilidad:**

Se verifica la confiabilidad de esta investigación en el anexo II y anexo III con los certificados de calibración de los equipos empleados

**2.5. Procedimiento de análisis de datos****Diagrama de flujos de procesos**

A continuación, en la Fig.6, se presenta el diagrama de flujo de procesos a seguir.



**Fig. 6** Diagrama de flujo de procesos.

## Descripción de procesos

### Obtención de los materiales

Esta investigación está orientada en la obtención de la CA en orgánico, para luego realizar la calcinación a diferentes temperaturas, con la finalidad de a través de procesos de estudio físicos – químicos diferenciar y conseguir la mejor composición puzolánico.

### Agregados:

Estos agregados fueron obtenidos de la cantera “TRES TOMAS-FERREÑAFE”, para realizar el diseño de la MA.

### Cáscara de arroz:

Este material fue obtenido del molino de arroz “El Pirata” ubicado en Pan Norte Kilómetro 775 - Chiclayo, Lambayeque.



**Fig. 7** Insumo para el desarrollo de la investigación.

Nota: En la imagen observa los materiales obtenidos para el desarrollo de esta investigación.

**Ceniza de cáscara de arroz:**

Para la obtención de la CCA, se procedió a quemarla en horno artesanal, teniendo en cuenta el control de temperatura a 600°C, 650 °C, 700°C y 750 C °, de acuerdo a cada muestra sometida a diferente temperatura, tendrán diferente color, textura y forma, siendo la temperatura con mayores propiedades de óxido de magnesio y óxidos combinados a una temperatura de como se muestra en la Fig. 8



**Fig. 8** Horno de quema.



**Fig. 9** Quemado de la CA al 600°C y 650 °C.



**Fig. 10** Quemado de la CA al 700 °C y 750 °C.

Después del proceso de incineración de la CCA, se realizó la desintegración y trituración con un equipo de molienda, para luego tamizarlas cumpliendo las normas y

los estándares de calidad por las mallas N°30; N°50 y la N°200, garantizando que cumpla con los estándares de calidad, tal y como se muestra en la Fig. 11.



**Fig. 11** Tamizado de la CCA.

**Temperatura óptima de quemado.**

Posteriormente se procede a realizar los análisis físico químicos de la CCA para hallar la temperatura óptima de incineración de la CA en base a la Tabla XI.

**Tabla XI** Ensayos realizados a las muestras de CCA.

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
HUMEDAD	NTP 339. 127.1198(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

Dicho análisis se realizó en el “LABORATORIO RIVERO SAC-RIVELAB SAC” ubicado en Trujillo; que constó de cuatro muestras de 200 g c/u, tal cual se muestra en la Fig.14:

- M-600 (muestra calcinada a 600 ° C)
- M-650 (muestra calcinada a 650 ° C)

- M-700 (muestra calcinada a 700 ° C)
- M-750 (muestra calcinada a 750 ° C)



**Fig. 12** Tamizado de las CCA.



**Fig. 13** Pesado de cada muestra a 22.05 gr



**Fig. 14.** Muestras para el análisis en laboratorio.

De estas muestras se determinará lo siguiente:

- El Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) con el método standard.
- Los Óxidos combinados de aluminio y hierro ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).
- El óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con el método estandarizado.
- La alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con el método de diferencia de pesos.
- La cal viva ( $\text{CaO}$ ) con el método volumétrico.
- El óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con el método del pirofosfato.

### **Ensayos de calidad de los agregados:**

Para realizar pruebas a los agregados pétreos se utilizó el Manual de Pruebas y Materiales del MTC y el método de prueba estandarizado de la norma ASTM C136, con el finalidad de obtener el análisis granulométrico de los agregados. En las Tablas IV y V se enumeran las diversas pruebas y requisitos de calidad que se deben cumplir para que el agregado grueso y fino se utilice posteriormente. Las figuras 15 y 16 se ilustran las pruebas para los agregados fino y grueso según especificaciones antes mencionadas.



**Fig. 15** Ensayo equivalente de arena



**Fig. 16** Ensayo de densidad, absorción del agregado grueso.

### **Elaboración de Briquetas asfálticas.**

Finalizados los ensayos de los agregados pasando por un control de calidad, es necesario tener en cuenta los datos de granulometría del agregado fino, grueso, relleno y material a reemplazar, en este caso el CCA. De acuerdo a norma MTC EG -2013, se debe cumplir con los requisitos listados en las Tablas VI y VII de las Especificaciones Técnicas para un tipo MAC-02 para determinar la granulometría para MA en caliente. Luego de elegir el tipo de granulometría, se decidirá la dosificación de cada material, luego de lo cual se crearán las briquetas de asfalto. Aplicando la metodología Marshall a los procesos utilizados para preparar muestras de asfalto, se crearon las primeras briquetas estándar con contenidos de CAP para los tres tipos de tráfico: pesado, mediano y ligero. Se añadió CCA a la MA caliente en porcentajes .5%, 5%, 7.5% y 10% para fabricar briquetas de asfalto. A continuación, se puede observar en las figuras 17 y 18 el proceso de creación de briquetas de asfalto en un laboratorio a una temperatura de 140°C.



**Fig. 17** Combinación de los agregados para elaboración de briquetas



**Fig. 18** Combinación de los agregados, CCA y líquido asfáltico.

### **Prueba de método Marshall.**

Después de crear las briquetas, se ensayaron. Para hacerlo, se empleó el método Marshall y se describió el proceso para determinar la resistencia de la MA las deformaciones plásticas. A continuación, en las figuras 19, 20, 21,22 y 23 se procede a corroborar los procesos realizados para esta investigación.



**Fig. 19** Briquetas asfálticas sometidas a compactación.



**Fig. 20** Extracción de briquetas asfálticas.



**Fig. 21** Total de briquetas 225.

Nota. El total de muestras de briquetas de asfalto extraídas fueron 225, para posteriormente ser sometida a la prueba Marshall.



**Fig. 22** Ensayo de Estabilidad; Flujo – Método Marshall.



**Fig. 23** Rotura de briquetas con el Método Marshall.

## **2.6. Criterios éticos**

En esta investigación se aplicó los principios éticos respetando lo estipulado por el código de ética en investigación de la Universidad Señor de Sipán [78], aprobado con Resolución de Directorio N°053-2023/PD-USS.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

Se muestra los resultados mediante gráficos, figuras y tablas, a través de ensayos que se realizaron en dos laboratorios.

#### Resultado - Objetivo N.º 01

#### Sobre las propiedades físicas de la CCA.

La obtención de la CCA en orgánico fue obtenida en el molino “El pirata” para luego realizar la calcinación a diferentes temperaturas, con el obtener la mejor composición puzolánico a través de estudios físicos y químicos.

**Tabla XII** Porcentajes de quemado de la CA.

Calcinación- CCA				
Lugar de calcinación	Temperatura	Coordenadas Geográficas		Referencia de Lugar de Calcinación
		Latitud	Longitud	
horno: “VALYNO	600°			Av. el dorado 2953 en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de José Leonardo Ortiz
	650°			
	700°	6°45'26.88" S	79°51'23.63" O	
	750°			

Nota: En la tabla XII indica los procesos de calcinación de la CCA a diferentes temperaturas desde la 600°C 650°C, 700°C, 750°C dando como referencia el punto de ubicación como se muestra.

#### Propiedades físicas.

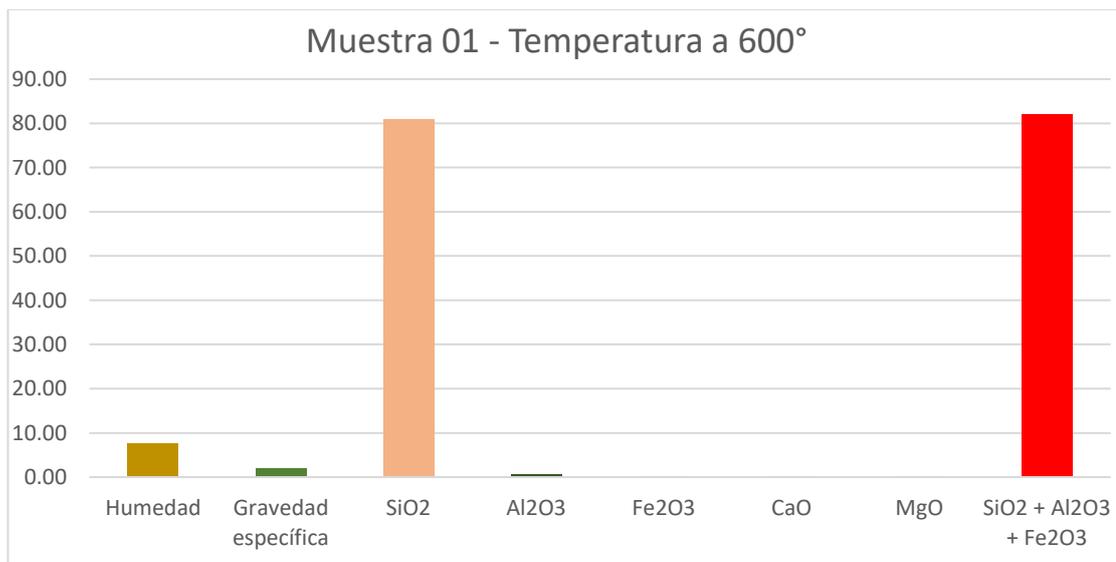
En su composición física de las 4 muestras CCA, se puede visualizar el color, y textura de acuerdo a las diferentes temperaturas de calcinación.

**Tabla XIII** Composición físico químico de las 4 muestras de CCA.

Composición física					
CCA	Temperatura	Tamiz N°	Color	Humedad	Gravedad Específica
M - 01	600° C	100	Negro Oscuro	7.52%	1.90
M - 02	650° C	100	Gris Claro	7.54%	1.95
M - 03	700° C	100	Blanco oscuro	7.55%	1.96
M - 04	750° C	100	Blanco Claro	7.54%	1.93

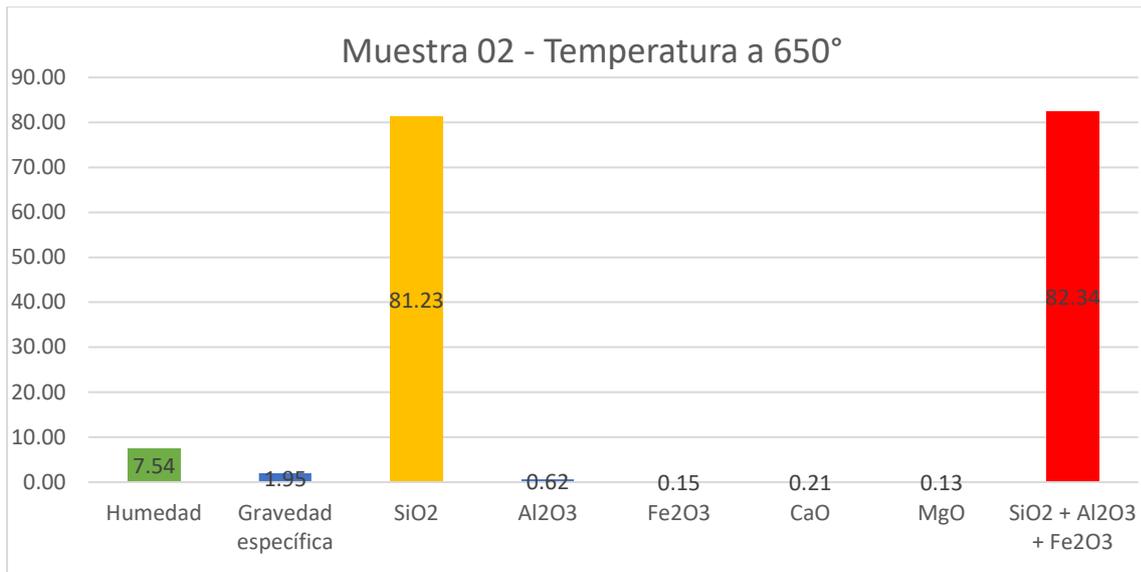
Nota: En la tabla XIII indica 4 muestras de CCA a temperaturas diferentes. Presto que mayor temperatura exista en el material orgánico, el color cambiará. Siendo la temperatura óptima a 750° con mejores óxidos de magnesio y óxidos combinados.

**Evaluación de la composición química de la CCA.**



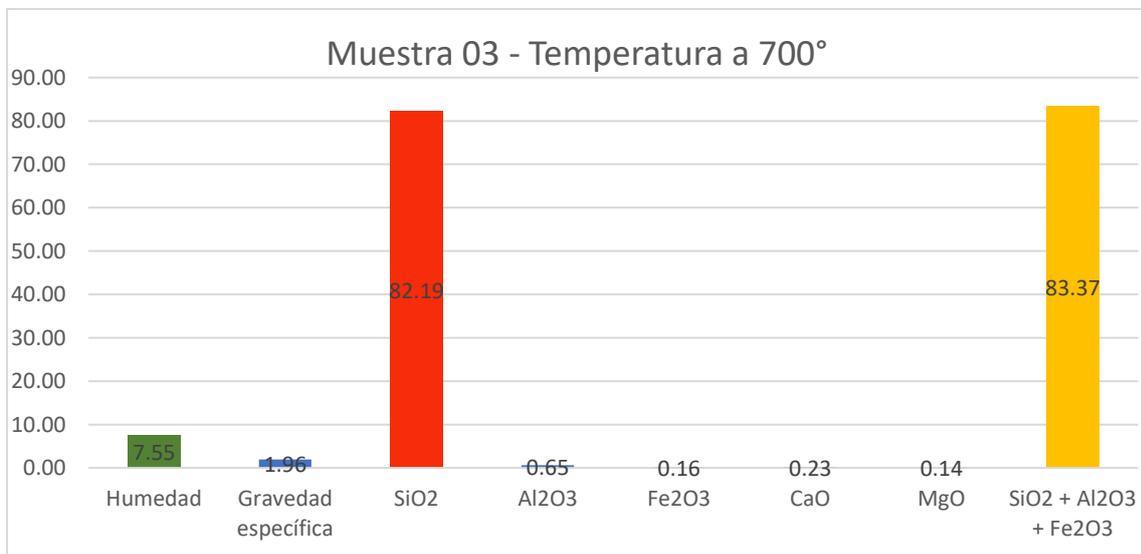
**Fig. 24** Muestra 01 para la CCA a temperatura de 600°C

Nota: El análisis químico de la muestra 02 a temperatura 600° arrojó la composición de 81.90% de óxidos combinados.



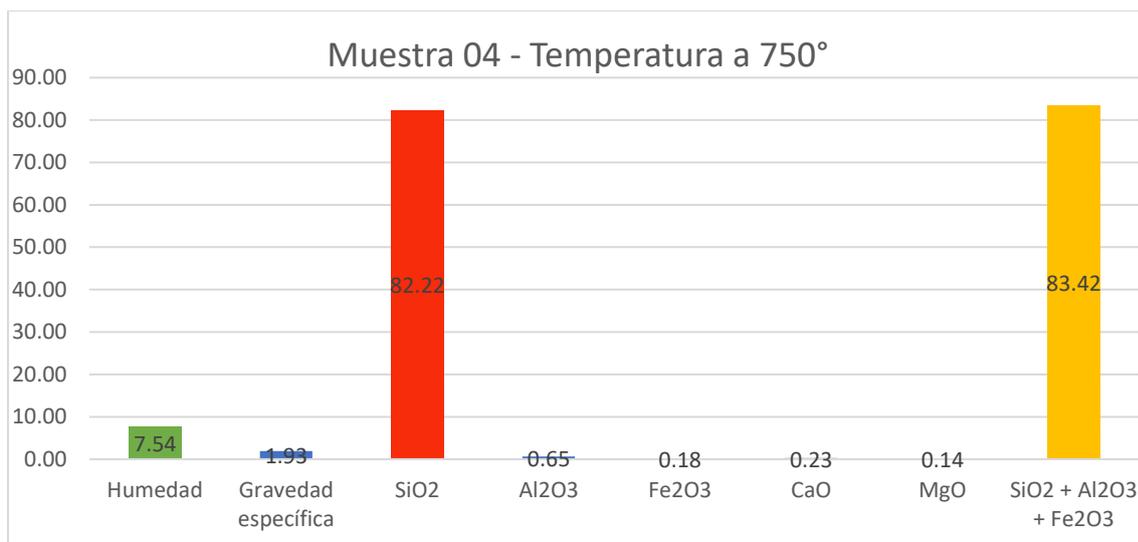
**Fig. 25** Muestra 2 para la CCA a temperatura de 650°C

Nota: El análisis químico de la muestra 02 a temperatura 650° arrojó la composición de 82.34% de óxidos combinados.



**Fig. 26** Muestra 3 para la CCA a temperatura de 700°C

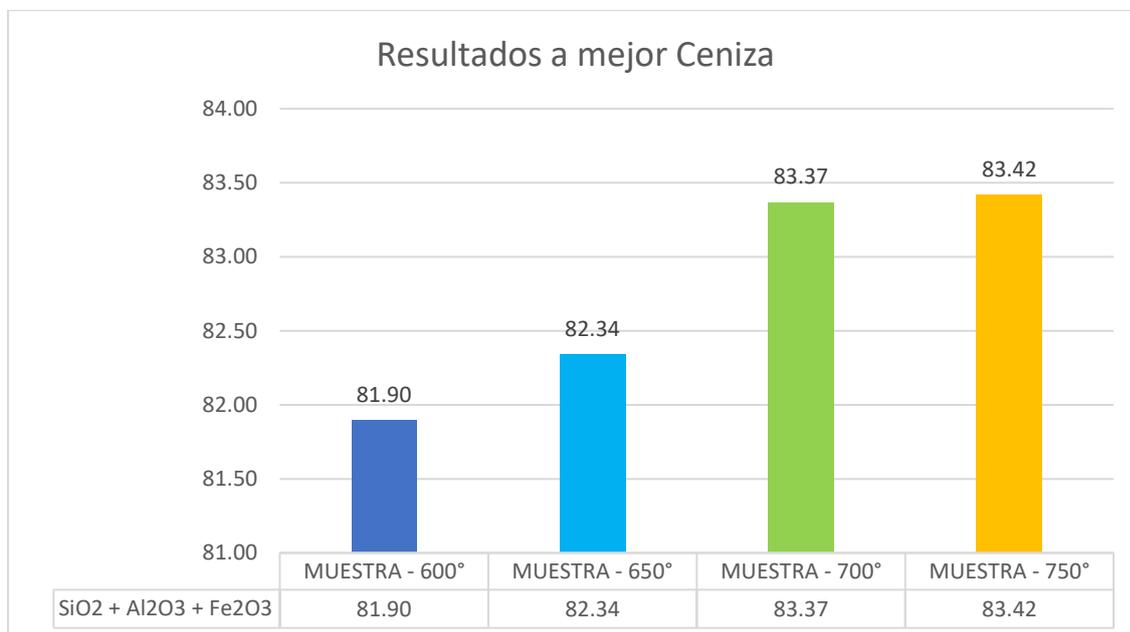
Nota: El análisis químico de la muestra 03 a temperatura 700° arrojó la composición de 83.37% de óxidos combinados.



**Fig. 27** Muestra 4 para la CCA a temperatura de 750°C

Nota: El análisis químico de la muestra 04 a temperatura 750° arrojó la composición de 83.42% de óxidos combinados.

**Resultado de óptima a emplear.**



**Fig. 28** Resumen general de las muestras químicas CCA

Nota: El análisis en la figura se detalla en el gráfico, siendo el mejor material puzolánico a la temperatura de 750°C con 83.42%.

## Resultado - Objetivo N.º 02

### Sobre las propiedades mecánicas de los agregados a utilizar.

Los agregados finos y gruesos provinieron de la cantera denominada “Cantera tres tomas” ubicada en el departamento de Lambayeque, provincia de Ferreñafe. Al momento de verificar las propiedades de los materiales siendo el agregado fino y agregado grueso, se utilizaron los lineamientos de las normas, donde se evaluó cada ensayo requerido con las normas correspondientes.

Estos ensayos fueron desarrollados en el Laboratorio “FERMATI”. Para lo cual las pruebas de los áridos fueron verificados y corroborados.

### Control de calidad del agregado grueso.

**Tabla XIV** Resultado de control de calidad del agregado fino

<b>Resultado Del Control de Calidad del agregado Fino</b>				
<b>Ensayos realizados</b>	<b>Resultado</b>	<b>Requerimiento &lt;3000 M.S.N.M</b>	<b>MTC</b>	<b>Norma</b>
Durabilidad al sulfato de magnesio	6.30%	15% máx.	MTC E-209	ASTM-C-88
Absorción	1.01%	De acuerdo al diseño	MTC E-205	ASTM -C-118
Equivalente de arena	75%	Mínimo 45%	MTC E-209	ASTM -D-2419
Humedad	1.18%			ASTM - C-535
Sales solubles Totales	0.02%	0.5% máx.	MTC E - 219	ASTM -D-1888

Nota: Se detalla resultados para el control de calidad para el agregado fino.

**Tabla XV** Resultado de control de calidad del agregado grueso

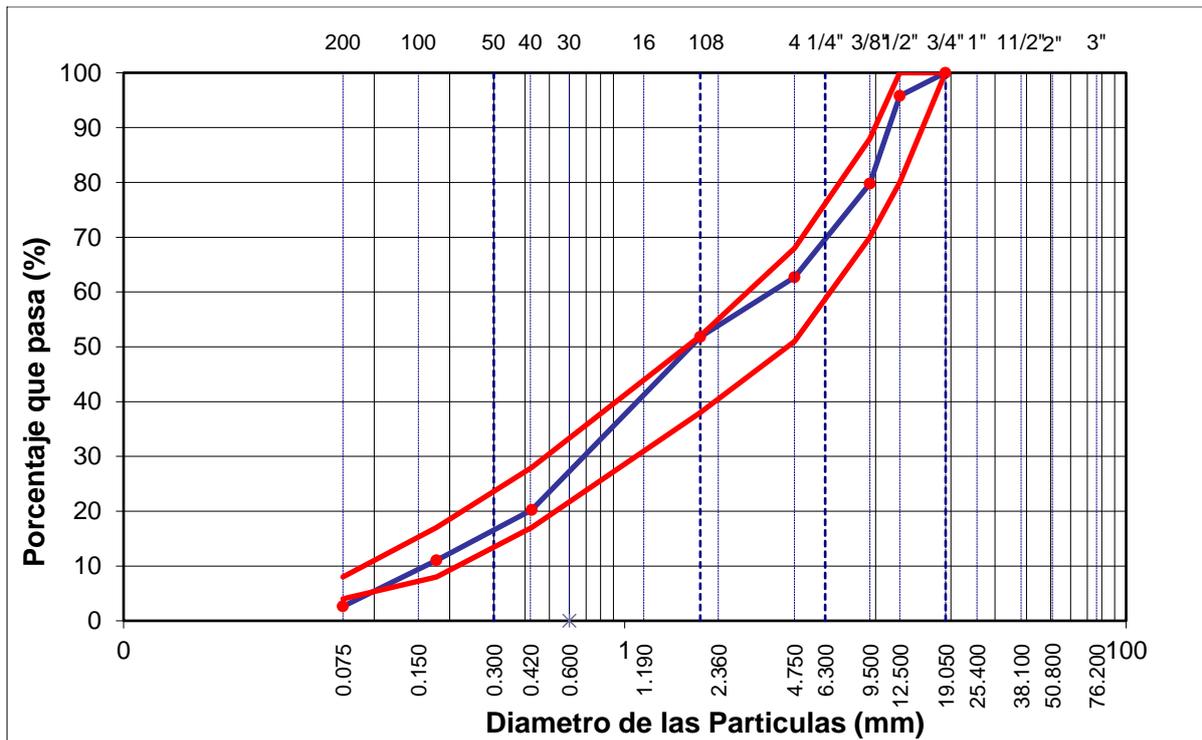
<b>Resultado Del Control de Calidad del agregado Grueso</b>				
<b>Ensayos realizados</b>	<b>Resultado</b>	<b>Requerimiento &lt;3000 M.S.N.M</b>	<b>MTC</b>	<b>Norma</b>
Durabilidad al sulfato de magnesio	6.50%	15% máx.	MTC E-209	ASTM-C-88
Absorción	0.52%	1.00%	MTC E-205	ASTM -C-118
Humedad	0.46%			ASTM - C-535
Abrasión Los Ángeles	19.10%	35% máx.	MTC E-207	ASTM - C-131
Sales solubles Totales	0.01%	0.5% máx.	MTC E -219	ASTM -D-1888

Nota: Se detalla resultados para el control de calidad del agregado grueso.

**Tabla XVI** Granulometría de los agregados combinados

<b>Resultados de la granulometría combinados</b>					
<b>Tamiz</b>	<b>AASHTO T-27 (mm)</b>	<b>Peso retenido</b>	<b>Porcentaje retenido</b>	<b>Retenido acumulado</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
3"	76.20				
3/4"	19.00	1817.76			100
1/2"	12.50	251.61	4.19	4.19	95.81
3/8"	9.50	961.26	16.02	20.21	79.79
Nº 4	4.75	1027.07	17.12	37.33	62.67
Nº 10	2.00	345.99	10.84	48.17	51.83
Nº 40	0.43	1007.68	31.57	79.75	20.25
Nº 80	0.18	294.70	9.23	88.98	11.02
Nº 200	0.08	268.16	8.40	97.38	2.62
< Nº 200	FONDO	83.47	2.62	100.00	

Nota: Se muestra los resultados de la granulometría combinada de los agregados y poder determinar el estado del material y determinar su diseño.



**Fig. 29** Curva granulométrica combinada del agregado fino y grueso

Nota: Se muestra la representación gráfica de los áridos de acuerdo al tamaño de las partículas que lo forman

### Resultado - Objetivo N.º 03

La evaluación física mecánica del diseño de las mezclas asfálticas patrón se detalla a través de gráficos, tablas y figuras los resultados obtenidos en el laboratorio, siendo los porcentajes de asfalto en 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, de esta manera y estos porcentajes se obtendrá el óptimo contenido de CAP en los tres tipos de tránsito.

## Contenido óptimo de asfalto en mezcla patrón

**Tabla XVII** Resultados óptimos de diseño de asfalto en mezcla patrón

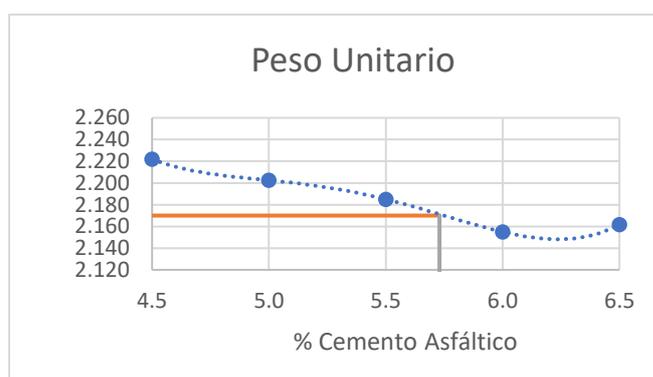
Resultados óptimos de asfalto para diseño de mezcla patrón						
Pavimento	Pavimento Ligero		Pavimento Mediano		Pavimento Pesado	
Parámetros	Patrón	Marshall	Patrón	Marshall	Patrón	Marshall
Nº de golpes	35	35	50	50	75	
Óptimo Contenido CAP	5.73		5.7		5.5	
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.175		2.185		2.295	
Vacíos (%)	4.9	3 - 5	4.9	3 - 5	3.73	3 - 5
Vacíos del Agregado mineral (%)	16.6	14	16.7	14	15.17	14
Vacíos Llenados de CAP (%)	71.3		71.3		75.27	
Flujo (mm)	16.8	8 - 20	15.2	8 - 16	13.2	8 - 14
Estabilidad (Kg)	890.8	4.53 kN	953.5	5.44kN	1328	8.15kN
Índice de rigidez (kg/cm)	2040.6		2386.3		3565.2	

Nota: En la tabla XVII se indica los resultados a los tres tipos de tránsito con respecto a las mezclas asfálticas patrón.

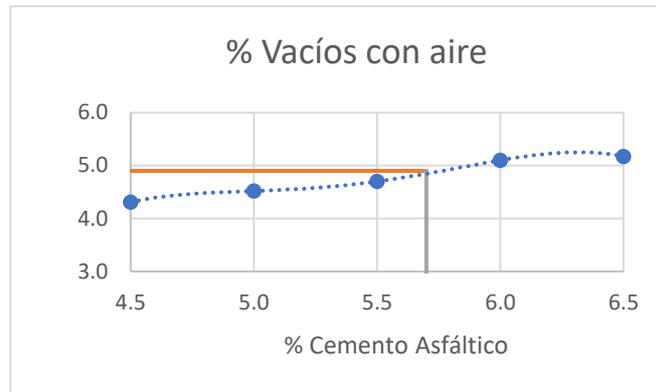
### Resultado de diseño de mezcla asfáltica – Pavimento Ligero

Se detalla los resultados con porcentajes óptimos a través de gráficos, las características mecánicas para un pavimento ligero.

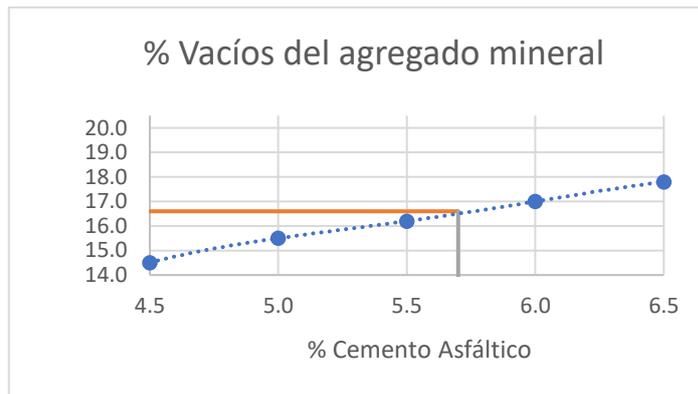
**Fig. 30** Peso Unitario – Pavimento Ligero



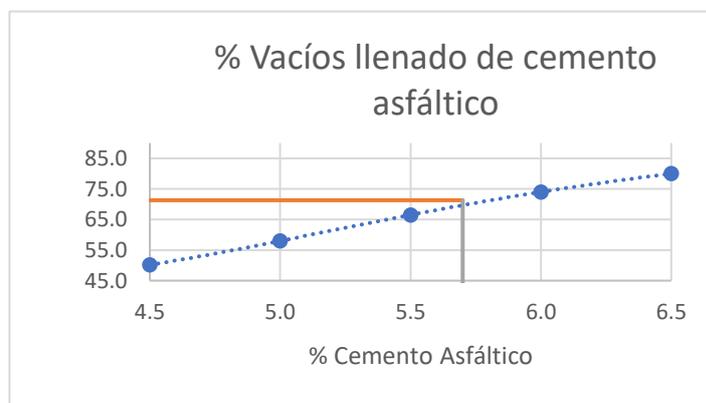
**Fig. 31** Porcentaje de Vacíos – Pavimento Ligero



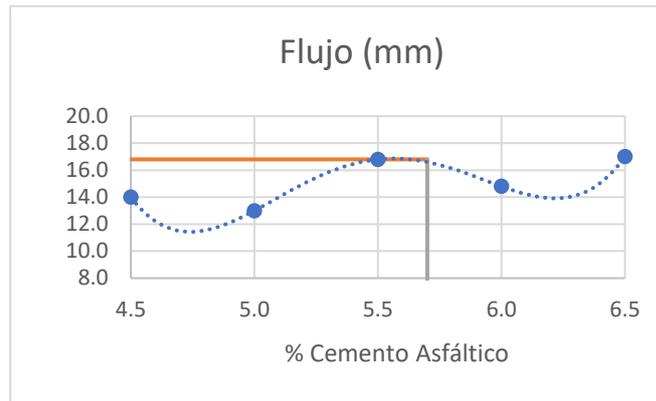
**Fig. 32** Porcentaje vacíos del agregado mineral



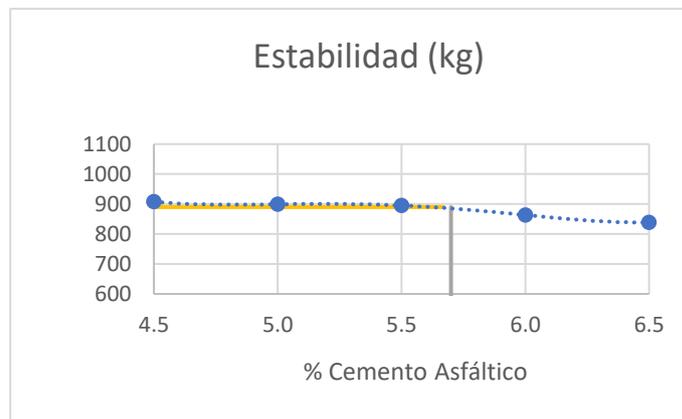
**Fig. 33** Porcentaje de vacíos llenados de CAP – Pavimento Ligero



**Fig. 34** Flujo – Pavimento Ligero



**Fig. 35** Estabilidad – Pavimento Ligero

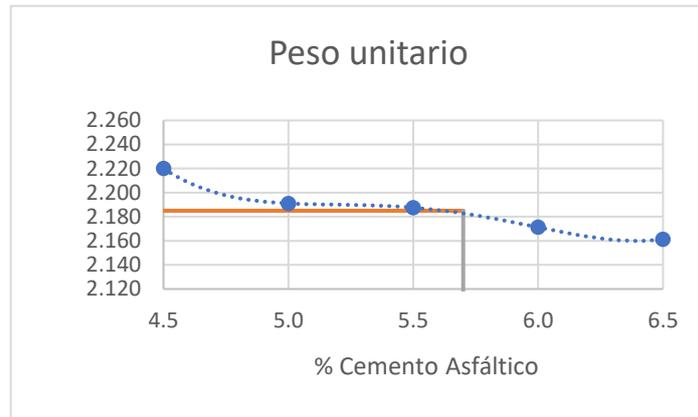


Para el tipo de pavimento ligero con el contenido óptimo de CAP un con un 5.73%, datos obtenidos y enlazados dentro de los parámetros Marshall. Apreciándose en las figuras anteriores; el Peso unitario en 5.73, % de vacíos en 4.9 % vacíos del agregado mineral (VAM) en 16%, % vacíos llenados de cemento asfáltico PEN 60/70 (VLLCAP) en 71.3%, flujo en 16.8, estabilidad en 890.8 Kg y el Índice de rigidez en 2040.6. Siendo este diseño de mezcla asfáltica patrón para un pavimento ligero

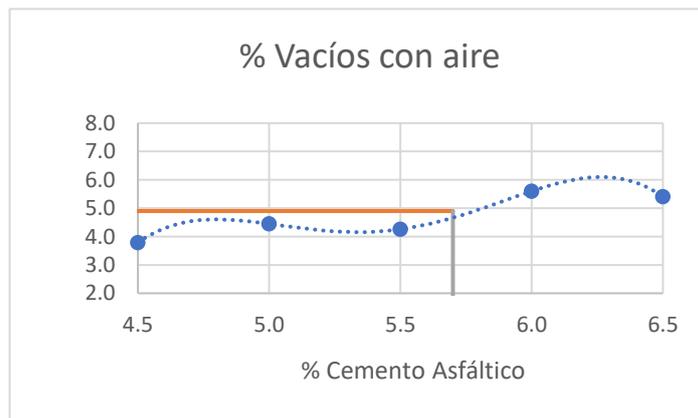
### **Resultado de diseño de mezcla asfáltica – Pavimento Mediano.**

Se detalla los resultados con porcentajes óptimos a través de gráficos, las características mecánicas para un pavimento mediano.

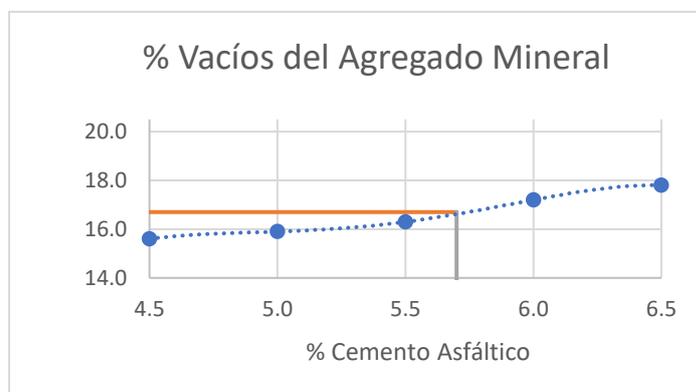
**Fig. 36** Peso Unitario – Pavimento Mediano



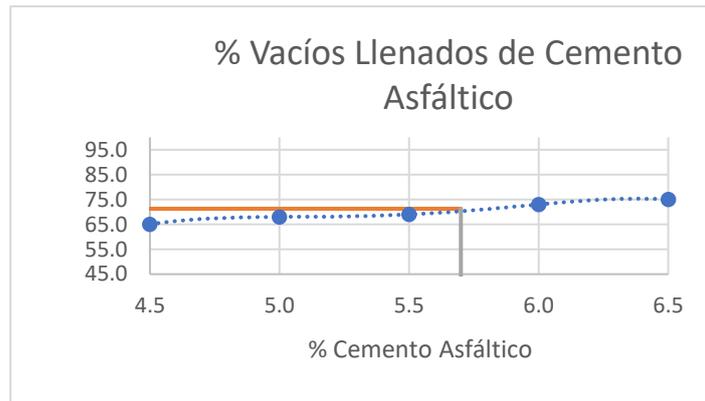
**Fig. 37** Porcentaje de Vacíos – Pavimento Mediano



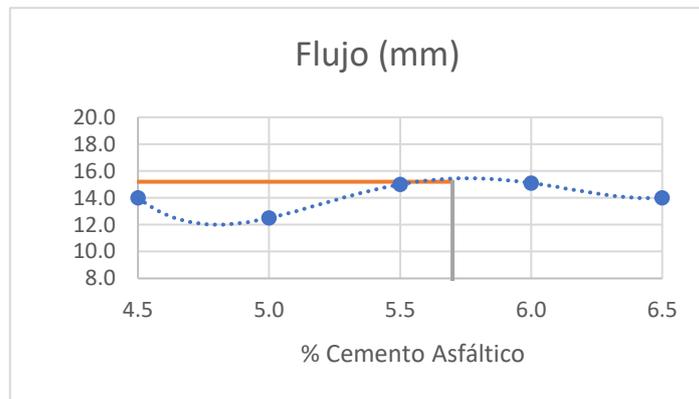
**Fig. 38** Porcentaje de VAM – Pavimento Mediano



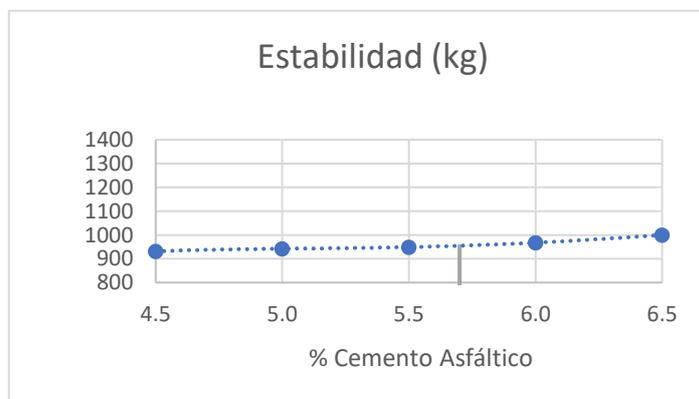
**Fig. 39** Porcentaje de VLLCAP – Pavimento mediano



**Fig. 40** Flujo – Pavimento Mediano



**Fig. 41** Estabilidad – Pavimento mediano

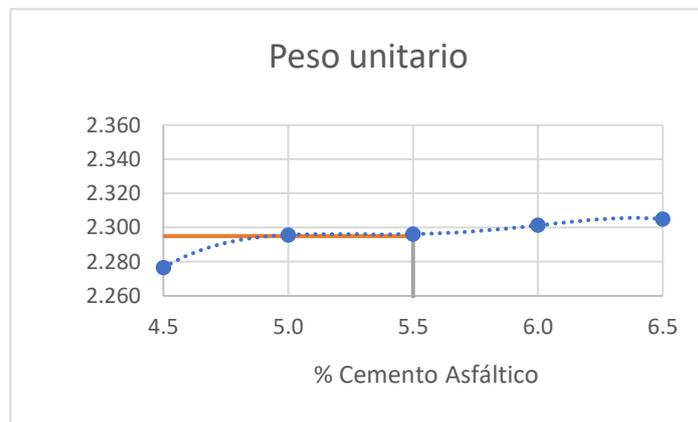


Para el tipo de pavimento mediano con el contenido óptimo de CAP un con un 5.70%, datos obtenidos y enlazados dentro de los parámetros Marshall. Apreciándose en las figuras anteriores; el Peso unitario en 2.185, % de vacíos en 4.9, % VAM en 16.7%, % VLLCAP en 71.3%, flujo en 15.20, estabilidad en 953.5 Kg y el índice de rigidez en 2386.3. Siendo este diseño de mezcla asfáltica patrón para un pavimento mediano.

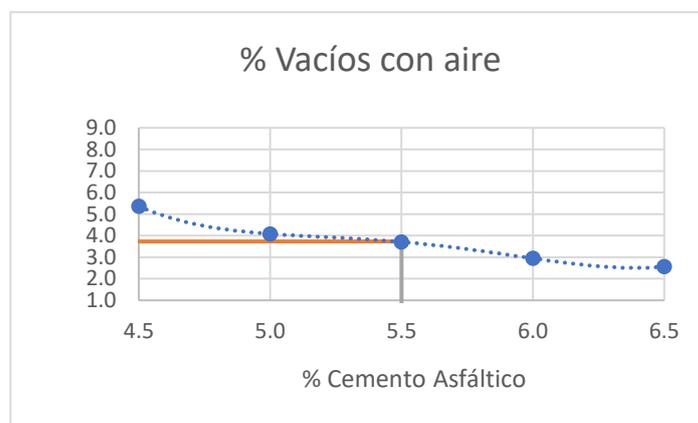
### Resultado de diseño de mezcla asfáltica – Pavimento Pesado

Se detalla los resultados con porcentajes óptimos a través de gráficos, las características mecánicas para un pavimento pesado.

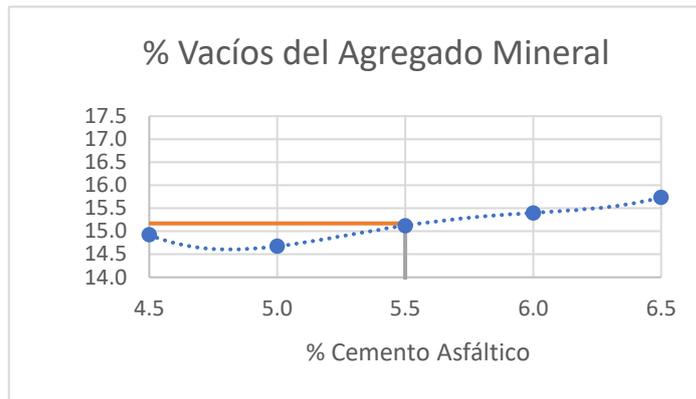
**Fig. 42** Peso Unitario – Pavimento Pesado



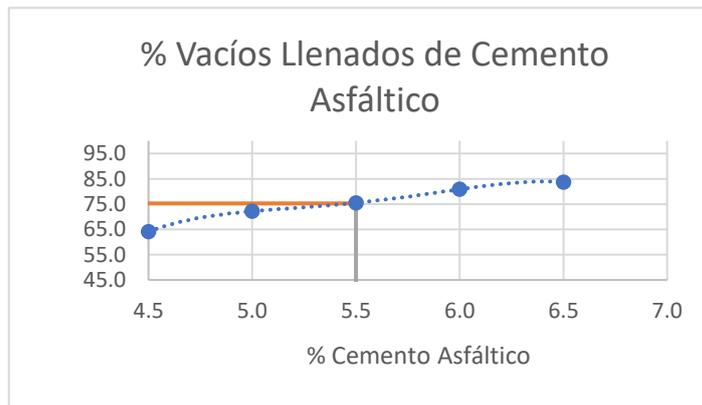
**Fig. 43** Porcentaje de Vacíos – Pavimento Pesado



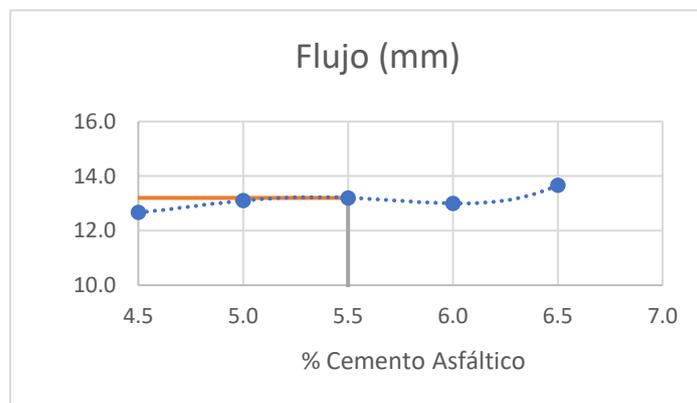
**Fig. 44** Porcentaje de VAM – Pavimento Pesado



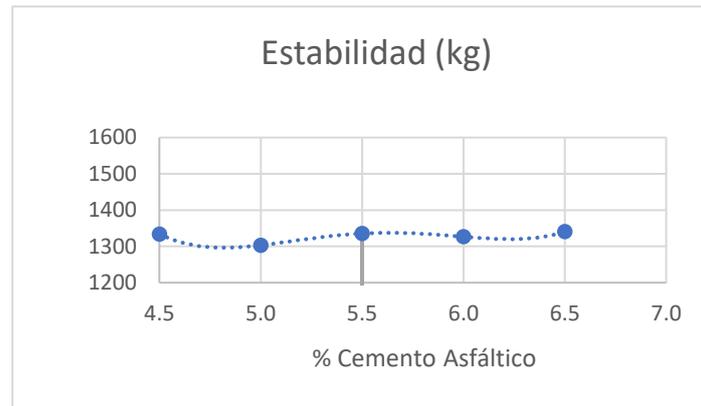
**Fig. 45** Porcentaje de VLLCAP– Pavimento Pesado



**Fig. 46** Flujo – Pavimento Pesado



**Fig. 47 Estabilidad – Pavimento Pesado**



Para el tipo de pavimento pesado con el contenido óptimo de CAP un con un 5.5%, datos obtenidos y enlazados dentro de los parámetros Marshall. Apreciándose en las figuras anteriores; el Peso unitario en 2.295, % de vacíos en 3.73% en 15.17%, % VLLCAP en 75.27%, flujo en 13.20, estabilidad en 1328 Kg y el índice de rigidez en 3565.20. Siendo este diseño de mezcla asfáltica patrón para un Pavimento pesado.

#### **Resultado - Objetivo N.º 04**

Corresponde determinar la MA patrón con adiciones de CCA en 2.5%, 5%, 7.5% y 10% en reemplazo del filler, en la MA patrón evaluado para los tres tipos de pavimento.

**Resultado de diseño de MA con adición de CCA para un pavimento liviano.**

**Tabla XVIII** Resultados de adiciones en 2.5%, 5%, 7.5%, 10% de CCA en la MA patrón para un pavimento ligero.

	Pavimento Ligero					Especificaciones Técnicas ASTM
	Patrón	2.5%	5%	7.5%	10%	
N° de Golpes	35	35	35	35	35	35
Optimo Contenido CAP	5.730	5.810	5.790	5.420	5.320	
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.175	2.173	2.175	2.190	2.195	
Vacíos (%)	4.900	4.600	4.500	4.400	4.700	3 % - 5%
Vacíos del Agregado mineral (%)	16.600	16.800	16.500	16.600	16.600	14
Vacíos Llenados de CAP (%)	71.300	72.600	74.500	73.500	73.500	
Flujo (mm)	16.800	14.600	15.900	11.700	16.600	8 -- 20
Estabilidad (Kg)	890.800	870.400	871.600	1292.800	910.100	4.53 kN
Índice de rigidez (Kg/cm)	2040.600	2190.200	2087.300	3863.400	2120.900	

Nota: En la tabla XVIII muestra de acuerdo a las características físicas y mecánicas para un pavimento ligero (C) con porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de CCA en reemplazo del relleno mineral, la cual están comprendidos por el método Marshall. Siendo en las adiciones de 7.5% de ceniza muestra resultados óptimos y mejoras con respecto al diseño de MA patrón para este tipo de pavimento ligero.

## Resultado de diseño de MA con adición de CCA para un pavimento mediano

**Tabla XIX** Resultados de adiciones en 2.5%, 5%, 7.5%, 10% de CCA en la MA patrón para un pavimento mediano.

	Pavimento Mediano					Especificaciones Técnicas ASTM
	Patrón	2.5%	5%	7.5%	10%	
N° de Golpes	50	50	50	50	50	50
Optimo Contenido CAP	5.700	5.880	5.120	5.510	5.500	
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.185	2.218	2.221	2.196	2.194	
Vacíos (%)	4.900	5.000	3.900	4.400	4.600	3 % - 5%
Vacíos del Agregado mineral (%)	16.700	17.350	14.630	16.530	16.520	14
Vacíos Llenados de CAP (%)	71.300	69.500	70.900	73.650	72.400	
Flujo (mm)	15.200	13.300	9.100	10.400	14.100	8 -- 16
Estabilidad (Kg)	953.500	957.300	1210.600	1340.500	1050.200	5.44 kN
Índice de rigidez (Kg/cm)	2386.300	2695.400	3250.000	4646.800	2410.300	

Nota: En la tabla XIX muestra de acuerdo a las características físicas y mecánicas para un pavimento mediano (B) con porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de CCA en reemplazo del filler, la cual están comprendidos dentro de los parámetros por el método Marshall. Siendo en las adiciones de 7.5% y 5% de ceniza la cual se mostraron resultados óptimos y mejoras y un menor porcentaje de vacíos en las propiedades mecánicas del diseño con respecto a la MA patrón, obteniendo un menor porcentaje de vacíos para este tipo de pavimento mediano.

## Resultado de diseño de MA con adición de CCA para un pavimento pesado

**Tabla XX** Resultados de adiciones en 2.5%, 5%, 7.5%, 10% de CCA en la MA patrón para un pavimento pesado.

	Pavimento Pesado					Especificaciones Técnicas ASTM
	Patrón	2.5%	5%	7.5%	10%	
N° de Golpes	75	75	75	75	75	75
Optimo Contenido CAP	5.500	5.680	5.450	5.470	5.530	
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.295	2.257	2.271	2.270	2.268	
Vacíos (%)	3.730	4.900	4.800	4.800	4.900	3 % - 5%
Vacíos del Agregado mineral (%)	15.170	16.640	16.060	16.832	17.290	14
Vacíos Llenados de CAP (%)	75.270	72.850	72.140	73.200	72.100	
Flujo (mm)	13.200	13.900	11.500	12.200	11.900	8 -- 14
Estabilidad (Kg)	1328.000	1463.500	1642.800	1660.200	1474.100	8.15 kN
Índice de rigidez (Kg/cm)	3565.200	3150.200	3880.400	3970.500	3440.300	

Nota: En la tabla XX muestra de acuerdo a las características físicas y mecánicas para un pavimento pesado (A) con porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de CCA en reemplazo del filler, la cual están comprendidos dentro de los parámetros por el método Marshall. Siendo en este tipo de tránsito, las adiciones de 7.5% y 5% de ceniza la cual se mostraron resultados óptimos y mejoras con respecto a la MA patrón para este tipo de pavimento pesado.

## Resultado del desarrollo del objetivo N.º 05

Comparación de las propiedades mecánicas y evaluación del diseño óptimo para un pavimento ligero, mediano y pesado con adiciones de CCA.

**Tabla XXI** Comparación y evaluación de los resultados del diseño de MA óptimo.

<b>Comparación de las propiedades mecánicas y evaluación de diseño óptimo de un pavimento asfáltico</b>						
Pavimento	Pavimento Ligero		Pavimento Mediano		Pavimento Pesado	
	Patrón	7.5% CCA	Patrón	7.5% CCA	7.5% CCA	7.5% CCA.
Nº de golpes	35	35	50	50	75	75
Óptimo Contenido CAP	5.73	5.42	5.7	5.51	5.5	5.47
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.175	2.19	2.185	2.196	2.295	2.27
Vacíos (%) Vacíos del	4.9	4.4	4.9	4.4	3.73	4.8
Agregado mineral (%)	16.6	16.6	16.7	16.53	15.17	16.83 2
Vacíos Llenados de CAP (%)	71.3	73.5	71.3	73.65	75.27	73.2
Flujo (mm)	16.8	11.7	15.2	10.4	13.2	12.2
Estabilidad (Kg)	890.8	1292.8	953.5	1340.5	1328	1660. 2
Índice de rigidez (kg/cm)	2040.6	3863.4	2386.3	4646.8	3565.2	3880. 4

Nota: En la tabla XXI muestra la comparación de la MA patrón con respecto al mejor porcentaje de CCA en reemplazo del relleno mineral en la MA. Siendo el 7.5% de ceniza como la dosificación óptima presentando mejoras en las propiedades físicas y mecánicas en la MA a su vez cumpliéndose con los parámetros, normativas y especificaciones técnicas. Debido a la adición se puede observar en la tabla teniendo una estabilidad y un índice de rigidez mejorada, en un pavimento ligero en 1292.8Kg y un 3863.4Kg/cm respectivamente, para un pavimento mediano en 1340.5Kg y 4646.8 kg/cm respectivamente, para un pavimento pesado en 1660.2kg y 3880.4 kg/cm respectivamente.

### 3.2. Discusiones

**Discusión 1.** De acuerdo al primer objetivo, las propiedades físicas de la CCA, en la figura 12 se hace mención que para obtener el material puzolánico fue sometido a 4 temperaturas diferentes teniendo en cuenta el tiempo de incineración y obtener el mejor material puzolánico, mientras tanto, según Behak et al. [17] mencionan en su investigación que la CCA presenta un color negro, ya que la incineración del mismo no fue controlada la temperatura, así mismo realizaron ensayos de rayos-x, que por medio de un difractograma hubo presencia de carbón, la cual es una de las causas que contiene baja actividad puzolánica de la CCA. En conclusión, con lo mencionado no se está de acuerdo con el procedimiento de la investigación del autor, ya que es necesario para dichas investigaciones tener la función de la temperatura y duración de calcinación y de esta manera poder obtener un mejor material puzolánico. Por otro lado, para la clasificación y la obtención de la mejor CCA se realizó su proceso químico mostrando 4 muestras diferentes temperaturas de calcinación con el fin de obtener un mejor material puzolánico en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Por otro lado, Acuña et al. [18] mencionan que la CCA en el proceso de calcinación, la combustión controlada quita la materia orgánica y deja un rico residuo en sílice. Por lo tanto, la función de la temperatura, puede llegar a obtener una estructura con alta actividad puzolánica, es por eso que, en las tablas N° XII y N° XIII, de igual manera en las Fig. 24 ,25, 26, 27 y 28 reflejan que los resultados a temperatura de 750°C de quemado es el más óptimo en óxido de magnesio y óxidos combinados ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), compuesta químicamente por  $\text{SiO}_2$  con 82.22%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con 0.18%,  $\text{CaO}$  con 0.23%,  $\text{MgO}$  con 0.14%, y cuya sumatoria de  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  es de 83.42%, asimismo, se obtuvo una humedad del 7.54% y gravedad específica de 1.93; así mismo, Rodríguez et al. [19] en su investigación indican resultados aproximados como el  $\text{SiO}_2$  con 80.3%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con 0.02%,  $\text{CaO}$  con 0.71%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con 0.75 %, esto determinó que la muestra del estudio proveniente del molino el Pirata con el molino Cereales de Llano contiene un alto porcentaje de dióxido de silicio, la cual permite continuar con la investigación y la mejora de las propiedades mecánicas de la MA.

**Discusión 2.** De acuerdo al segundo objetivo, según la tabla XIV y tabla XV, los resultados obtenidos de los agregados en el laboratorio de suelos, fue extraído de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe, teniendo en cuenta un control de calidad de los agregados y de esta manera cumpliendo con los parámetros máximos y mínimos de acuerdo a la MTC y Manual de los agregados, con respecto a Zambrano [24] empleó los materiales de los agregados provenientes de la cantera denominada “Consultora & Constructora Qhg Sac – Cantera Trapiche” ubicada en el departamento de Lima , la cual cuenta con un control de calidad de los agregados para la realización y diseño de las mezclas asfálticas, siendo que ambas canteras cumplen con las cualidades estipulada en la normativa MTC, para la realización de MA en caliente.

**Discusión 3.** De acuerdo al tercer objetivo, indicamos que según la tabla XVII el cual nos detalla los parámetros empleados y los resultados obtenidos de diseño en la MA, siendo los porcentajes de adición de CAP en 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, mostrando un rango de 3.73% en relación al porcentaje vacíos, estabilidad 1328 kg y flujo 13.20 mm, cumpliendo con las especificaciones técnicas ASTM D-1559 para un pavimento de tránsito pesado con adición de 5.5% de CAP, por otra parte Chávez [21] indica que en proporciones de 4.5%, 5%, 5.5% y 6% de CAP, la cual su rango que establece según su diseño de óptimo es de 5.5% para un pavimento de tránsito pesado con 4.8% en relación al porcentaje de vacíos, estabilidad 1419 kg y flujo 14.20 mm, de igual forma Castillo [26] indica que su diseño óptimo de MA para pavimento de tránsito pesado es cuando añade 5.5% CAP, ya que da valores 4.60% en relación al porcentaje vacíos, estabilidad 2103 kg y flujo 10.77 mm. Esto comprende que, en ambas investigaciones, que al usar adición de CAP en un 5.5% da resultados favorables para un pavimento de tránsito pesado en función a sus propiedades físicas y mecánicas utilizando la metodología Marshall.

**Discusión 4.** De acuerdo al cuarto objetivo, en la tabla N° XXI se describe las características físicas y mecánicas de un pavimento pesado con un 7.5% de CCA dando como resultados

de estabilidad con un 1660.2 kg, flujo en 12.2%, porcentaje de vacíos 4.8%. Por otro lado, Cabrejos et al. [28] mencionan en su investigación que para un pavimento pesado 2.5% de CCA a la MA la cual se dio como resultados la estabilidad en un 864.72KN, fluencia en un 8.32 mm y un porcentaje de vacíos de 3.1%; por otro lado, Mondragón y Sevillano [25] concluyen que en porcentaje de 4% de adición de CCA a la MA, aumenta la durabilidad y a su vez la resistencia en la carpeta asfáltica, con valores obtenidos de 3.1 mm de flujo y 1502 kg de estabilidad. Esto debido a la composición química de la CCA la cual presenta un alto contenido de sílice en las investigaciones mencionadas el cual mejora significativamente el diseño de MA, ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos en el ASTM D-1559, el cuál indican que 8.15 KN (mínimo) de estabilidad, flujo de 8 – 14 mm y un porcentaje de vacíos de 3 - 5 %.

**Discusión 5.** De acuerdo al quinto objetivo, empleando un 2.5%, 5%, 5.5%, 7.5% y 10% de CCA para encontrar la mejor dosificación óptima en el diseño de MA, se determinó que, dentro de estos porcentajes, el 7.5% de CCA presenta mejora en las propiedades físicas y mecánicas en la MA, a su vez cumpliéndose con los parámetros, normativas y especificaciones técnicas. Debido a la adición se puede observar en la tabla XXI, muestra una estabilidad, flujo y un índice de rigidez mejorada, 1660.20 Kg, 12.20mm y 3970.50kg/cm respectivamente para pavimento de tránsito pesado; así mismo, Li et al. [22] indican que adicionar CCA al 7% mejora sus propiedades mecánicas del aglutinante de resistencia al envejecimiento, por otro lado, Lukjan et al. [23] mencionan que si adicionamos 7% de CCA a la MA este da mayor capacidad para resistir las soluciones de corrosión, por el contrario Núñez y Milton [27] y Zambrano [24] concluyen que si se añade 5% de CCA a la MA tiene un efecto positivo sobre sus propiedades mecánicas, pero solo utilizaron pocas muestras para concluir con ello; estos estudios reflejan una ligera variación en los resultados ya que se determina el porcentaje de CCA con un 0.5% y 2.5% de diferencia, de esta manera se determina que la dosificación de porcentaje de CCA, se debe tomar en cuenta para mejorar el diseño de MA y obtener una nueva adquisición y enfoque para las construcciones de

carreteras dándole a esta mayor durabilidad, mayor estabilidad y una baja deformación al pavimento. Seguidamente, para obtener el óptimo porcentaje de adición de CCA en remplazo del filler, presentó en su proceso de calcinación una óptima temperatura a 750°C para pavimento de tránsito ligero, mediano y pesado, por otro lado, Yan et al. [20] mencionan en su investigación que su óptimo porcentaje fue de 7% de CCA mejorando sus propiedades físicas y mecánicas, ya que su proceso de calcinación fue de 600°C; este estudio refleja su similitud a esta investigación efectuada, ya que varía en un 0.5% de CCA en la MA como porcentaje óptimo de 150°C con respecto a su temperatura de calcinación, de esta manera se determina que, a mayor temperatura de calcinación del material, se obtendrá mejores resultados.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

**Conclusión 1.** Los investigadores concluyeron que las propiedades físico-químico de la CCA a una temperatura óptima de incineración de la CA es en 750°C, siendo su clasificación puzolana tipo N dado que la sumatoria de  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$  en 83.42%, humedad en 7.54 y su gravedad específica en 1.93, siendo ésta el mejor material puzolánico.

**Conclusión 2.** Los investigadores concluyeron que las propiedades mecánicas del agregado fino son con respecto a la durabilidad al sulfato de magnesio en 6.3%, la absorción en 1.1%, la equivalente de arena en un 75%, la humedad en 1.18%, y las sales solubles totales en 0.02%, así mismo para el agregado grueso se determinó la durabilidad al sulfato de magnesio en 6.5%, la absorción en un 0.52%, la humedad en 0.46%, la abrasión de los ángeles en 19.10% y las sales solubles totales en un 0.01%, siendo así que los agregados utilizados cumplen con los controles de calidad.

**Conclusión 3.** Los investigadores concluyeron que las características físico-mecánico de la MA añadiendo CAP en cantidades de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% respectivamente, usando la metodología Marshall, dando como resultado óptimo de asfalto para el diseño de la mezcla patrón para los tres tipos de tránsito; para un pavimento ligero patrón el óptimo contenido de CAP en 5.7%, flujo en 16.8mm, estabilidad en 890.8kg; así mismo, se determinó para un pavimento mediano patrón el óptimo contenido de CAP en 5.7%, flujo en 15.20 mm, estabilidad en 953.5 kg; de igual manera, se determinó para un pavimento pesado patrón el óptimo contenido de CA en 5.5%, flujo en 13.2 mm, estabilidad en 1328 kg.

**Conclusión 4.** Los investigadores concluyeron que las características de las MA patrón con adiciones de CCA en 2.5%, 5%, 7.5% y 10% respectivamente, dando como resultado que para un pavimento ligero con adiciones de 7.5% de CCA en el diseño de MA patrón, con un contenido de CAP en 5.42%, flujo en 11.70 mm, estabilidad en 1292.80 kg, mejorando de esta forma las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica; así mismo, para un pavimento mediano con adiciones de 7.5% de ceniza en el diseño de la MA patrón, con un contenido de CAP en 5.51%, flujo en 10.4 mm, estabilidad en 1340.5 kg, presentando menores porcentaje de vacíos aumentando la estabilidad y flujo en este tipo de tránsito; del mismo modo, para un pavimento pesado con un contenido de CAP en 5.47%, flujo en 12.20 mm, estabilidad en 1660.20 kg, presenta un menor porcentaje de vacíos y de esta manera evita fallas en la carpeta asfáltica.

**Conclusión 5.** Los investigadores concluyeron que, al emplear material puzolánico CCA en reemplazo del filler como relleno aumenta sus propiedades y muestra mejoras en el diseño de la MA para los tres tipos de tránsito en un 7.5% de CCA.

#### **4.2. Recomendaciones**

**Recomendación 1.** Los investigadores recomiendan realizar otros tipos de análisis físicos y químicos de la ceniza de cáscara de arroz, de esta manera se logrará obtener mayor amplitud en bibliografías y revisiones del material puzolánico

**Recomendación 2.** Los investigadores recomiendan realizar un debido control de calidad de los agregados de acuerdo a las especificaciones y normas vigentes, para la realización del diseño de mezclas asfálticas, obtener el estado del material y determinar su diseño.

**Recomendación 3.** Los investigadores recomiendan efectuar una extensa cantidad de porcentajes de CAP para poder hallar el mejor y óptimo porcentaje de asfalto, de esta manera se verificará para futuras investigaciones teniendo un patrón óptimo establecido siguiendo los parámetros y normas vigentes.

**Recomendación 4.** Los investigadores recomiendan extender los porcentajes de adición de ceniza de CCA como filler en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, de esta manera se tendrá una amplitud en el diseño con adiciones llegando a tener mejores alternativas para emplearlo en la construcción.

**Recomendación 5.** Los investigadores recomiendan considerar el 7.5% de CCA como filler en el diseño de la MA en caliente o porcentajes cercanos, ya que esta cantidad mejora significativamente la estabilidad, fluencia y reduce el porcentaje de vacíos, permitiendo un mejor comportamiento en los tres tipos pavimento, esto se debe a que el material puzolánico contiene un alto contenido de sílice la cual puede sustituir de manera gradual al cemento asfáltico.

## REFERENCIAS

- [1] M. Arabani, S. Tahami and M. Taghipoor, "Laboratory investigation of hot mix asphalt containing waste materials," *Construction and Building Materials*, vol. 18, pp. 713 - 729, 2020.
- [2] A. A. Thakare, A. Singh, V. Gupta, S. Siddique and S. Chaudhary, "Sustainable development of self-compacting cementitious mixes using waste originated fibers: a review," *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 168, pp. 105-250, 2021.
- [3] W. Cavalcate Ferrão and J. C. Moizinho, "The Influence of Unusual Materials as Prospective Fillers in the Hot Mix Asphalt," *Materials Science and Engineering*, vol. 245, pp. 1-9, 2019.
- [4] K. Priya, H. Thilagam, T. Muthukumar, S. Gopalakrishnan and M. Govarathanan, "Impact of microfiber pollution on aquatic biota: A critical analysis of effects and preventive measures," *Science of the Total Environment*, vol. 887, 2023.
- [5] M. Adamu, A. Kingsley Oyime, S. Ibarahim Haruna, M. Hussein Ibrahim and S. Haruna, "Durability performance of pervious concrete containing rice husk ash and calcium carbide: A response surface methodology approach," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 14, pp. 547-556, 2021.
- [6] S. L. B. G. J. & C. R. J. Barreto C, "Análisis comparativo de los ejes equivalentes obtenidos por el método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza de vehículo fijo," *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 10, no. 1, pp. 59-68, 2019.
- [7] C. Jiaqi, D. Hancheng, D. Yongjie, G. Yangming, G. Meng, G. Shuaicheng, H. Bingye, H. Bin, H. Jing, H. Ju, J. Jiwang, J. Wei, L. Cheng, L. Pengfei, L. Yu, L. Zhuangzhuang, L. Guoyang and O. Jian, "New innovations in pavement materials and engineering: A review on pavement engineering research 2021," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 8, pp. 815-999, 2021.

- [8] A. Sotil Chávez, "Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales," *Infraestructura Vial*, vol. 16, p. 28, 2019.
- [9] K. Humpiri Pineda, "Análisis Superficial De Pavimentos Flexibles Para El Mantenimiento De Vías En La Región De Puno," Juliaca, 2019.
- [10] S. K. Das, A. Adediran, R. K. Cyriaque and N. Leklou, "Production, characteristics, and utilization of rice husk ash in alkali activated materials: An overview of fresh and hardened state properties," *Construction and Building Materials*, vol. 345, no. 128341, 2022.
- [11] K. Georgouli, C. Plati and A. Loizos, "Autonomous vehicles wheel wander: Structural impact on flexible pavements," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 8, pp. 388-398, 2021.
- [12] A. Mehrdad Asadi, M. Mohammad Mahdi, G. Ali, S. Seyed Sina, M. P. Seyed Mohammad, A. Arman, V. Ehsan and A. Pooyan, "Characterization of contaminant leaching from asphalt pavements: A critical review of measurement methods, reclaimed asphalt pavement, porous asphalt, and waste-modified asphalt mixtures," *Water Research*, vol. 219, no. 118584, 2022.
- [13] V. Jittin, A. Bahurudeen and D. d. S. Ajinkya, "Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products," *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, pp. 121-578, 2020.
- [14] C. Préau, J. Tournebize, M. Lenormand, S. Alleaume, V. G. Boussada and S. Luque, "Habitat connectivity in agricultural landscapes improving multi-functionality of constructed wetlands as nature-based solutions," *Ecological Engineering*, vol. 182, 2022.
- [15] A. Tahami and S. M. Arabani, "Assessment of mechanical properties of rice husk ash modified asphalt mixture," *Construction and Building Materials*, vol. 149, pp. 350-358, 2019.

- [16] M. H. Mohd Rosli, C. J-Wei, J. Ali, Y. Xu and H. Meor Othman, "Review of sustainability, pretreatment, and engineering considerations of asphalt modifiers from the industrial solid wastes," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 6, pp. 209-244, 2019.
- [17] L. Behak and W. Peres Nuñez, "Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación," *Revista de ingeniería y construcción*, vol. 23, no. 1, p. 8, 2008.
- [18] S. M. Acuña Supo, C. E. Liendo Luque, K. M. Lavado Sanchez, G. Cusinga Vargas and S. Castro Marchán, "Uso de la ceniza de cáscara de arroz como alternativa para mejoramiento de la subrasantes arcillosas en pavimentos," Lima, 2020.
- [19] A. M. Rodríguez Sánchez and M. P. Tibabuzo Jiménez, "Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico," 2019.
- [20] K. Yan, K. Yang, G. Chen and S. Huang, "In order to study whether the rice husk ash can be used as filler in cold recycled emulsified asphalt mixture, different amounts of rice husk ash and mineral powder were added into the mixture as experimental group and control group. The mechanical proper," *Hunan Daxue Xuebao/Journal of Hunan University Natural Science*, vol. 49, pp. 203 - 210, 2022.
- [21] E. E. Chávez Chávez and B. I. Zavala Cardozo, "Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de ceniza de cáscara de arroz, Lima 2022," Lima, 2022.
- [22] Y. Li, A. Abdelmagid, Y. Qiu, E. Yang and Y. Chen, "Study on the Aging Mechanism and Microstructure Analysis of Rice-Husk-Ash-and Crumb-Rubber-Powder-Modified Asphalt," *Polymers*, vol. 10, p. 1969, 2022.
- [23] A. Lukjan, A. Iyaruk and C. Somboon, "Evaluation on Mechanical Deterioration of the Asphalt Mixtures Containing Waste Materials When Exposed to Corrosion Solutions,"

*International Journal of Engineering and Technology Innovation*, vol. 12, pp. 130 - 144, 2022.

- [24] Z. Cince, "Adición de ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánica-dinámicas de asfalto para reparación en Carabaylo 2019," 2019.
- [25] P. Mondragón and L. Sevillano, "Diseño de pavimento flexible utilizando ceniza de cascarilla de arroz para mejorar la estabilidad y flujo vial del Jr. Túpac Amaru - Morales, 2019.," 2019.
- [26] C. Lopez, Artist, *Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente con adición de un 11 % por cenizas de cáscara de arroz [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]*. [Art]. Universidad Privada del Norte, 2019.
- [27] M. F. Nuñez Echeverria, Artist, *Mejoramiento de la resistencia a la compresión del bloque de concreto incorporando ceniza de arroz y cachaza. Chiclayo 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejos]*. [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- [28] L. P. Cabrejos Nieto and V. G. Sagástegui, "Influencia del ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físicas - mecánicas de una mezcla asfáltica, Trujillo 2021," Trujillo, 2021.
- [29] C. Jayvant, K. Brind and G. Ankit, "Utilization of solid waste materials as alternative fillers in asphalt mixes: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 234, p. 117271, 2020.
- [30] W. Pei, W. Shaopeng, L. Quantao, Z. Yingxue, Z. Zenggang and C. Shuaichao, "Recent advances in calcium alginate hydrogels encapsulating rejuvenator for asphalt self-healing," *Journal of Road Engineering*, vol. 1, 2022.
- [31] R. E. Aduato Orellana, ""Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz", " UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, Lima, 2019.

- [32] L. Ziming and S. Lijun, "A review of effect of compaction methods on cold recycling asphalt mixtures," *Construction and Building Materials*, vol. 401, p. 132758, 2023.
- [33] A. Al-Hdabi, "Laboratory investigation on the properties of asphalt concrete mixture with Rice Husk Ash as filler," *Construction & Building Materials.*, vol. 126, pp. 544-551, 2019.
- [34] R. MK Diptikanta, B. Sabyasachi, S. Kumar and S. Abdhesh Kumar, "A systematic review on performance of reclaimed asphalt pavement (RAP) as sustainable material in rigid pavement construction: Current status to future perspective," *Journal of Building Engineering*, vol. 76, p. 107253, 2023.
- [35] F. L. Valera Nuñez, ""Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica"," Lima, 2019.
- [36] A. Placer, A. Malmgren, G. Riley and E. Lester, "Biomass and Biofuel Production," *Energía Renovable Integral*, vol. 5, pp. 55-73, 2022.
- [37] J. X. Qiang Su, "Mechanical properties of concrete containing glass sand and rice husk ash," *Construction and Building Materials*, vol. 393, p. 132053, 2023.
- [38] V. Jitin, A. Bahurudeen and D. d. S. Ajinkya, "Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products," *Journal of Cleaner Production*, vol. 263, p. 121578, 2020.
- [39] H. J. Hassan and H. Z. Hussein, "Properties of modified asphalt mixtures with additives of fillers materials.," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 737, p. 1.13, 2020.
- [40] D. Shaswat Kumar, A. Adeolu, K. Cyriaque Rodrigue, M. Syed Mohammed and L. Nordine, "Production, characteristics, and utilization of rice husk ash in alkali activated materials: An overview of fresh and hardened state properties," *Construction and Building Materials*, vol. 345, p. 128341, 2022.

- [41] F. Ahmed Serag, M. Sahar, T. Bassam and T. Taher, "The effect of using nano rice husk ash of different burning degrees on ultra-high-performance concrete properties," *Construction and Building Materials*, vol. 290, p. 123279, 2021.
- [42] S. K. Das, A. Adediran, R. K. Cyriaque and N. Leklou, "Production, characteristics, and utilization of rice husk ash in alkali activated materials: An overview of fresh and hardened state properties," *Construction and Building Materials*, vol. 345, no. 128341, 2022.
- [43] L. Ying, A. Uj Johnson and I. Zainah, "Effect of treated and untreated rice husk ash, palm oil fuel ash, and sugarcane bagasse ash on the mechanical, durability, and microstructure characteristics of blended concrete – A comprehensive review," *Journal of Building Engineering*, vol. 78, p. 107500, 2023.
- [44] H. Sk Suty, R. Pradip Kumar and B. Chang Jun, "Utilization of waste rice husk ash for sustainable geopolymers: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 310, p. 125218, 2021.
- [45] E. C. Modera Ovar, "Comportamiento Mecánico De Una Mezcla Asfáltica Densa En Caliente Con Adición De Polopropileno," Bogotá, 2019.
- [46] A. A. Franca, J. Schultz, . R. Borges, F. Wypych and A. S. Mangrich, "Rice Husk Ash as Raw Material for the Synthesis of Silicon and Potassium Slow-Release Fertilizer," *Printed in Brazil*, vol. 28, no. 11, pp. 2211-2217, 2019.
- [47] A. J. M. Araújo, A. R. O. Sousa, D. . A. Macedo, R. P. S. Dutra and L. . F. A. Campos, "Effects of granite waste addition on the technological properties of industrial silicate based-ceramics ," *Materials Research Express*, pp. 12-22, 2019.
- [48] A. Franca, Y. Schultz, R. Borges, F. Wypych and A. Manhrich, "Ceniza de cáscara de arroz como materia prima para síntesis de fertilizantes de liberación lenta de silicio y potasio," *Revista de la sociedad química Brasileña*, vol. 28, pp. 2211-2217, 2019.

- [49] S. Sunarjono, N. Hidayati, W. S. Aji Muhammad, W. F. Cindikia and A. Magfirona, "The Improvement of Asphalt Mixture Durability Using Portland Cement Filler and Rice Husk Ash," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 2, pp. 1091 - 1098, 2023.
- [50] P. H. Ningbo Li and C. Z. Yuhang Yao, "The implementation of balanced mix design in asphalt materials: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 406, p. 132919, 2023.
- [51] Z. Dong, B. Wankui, W. Qingyuan, L. Pinpin, S. Zhuhai, L. Xingfei, L. Guangyue and Z. Ying, "A review of recent developments and challenges of using phase change materials for thermoregulation in asphalt pavements," *Construction and Building Materials*, vol. 400, p. 132669, 2023.
- [52] A. . L. Damas, M. R. Veiga, P. Faria and A. S. Silva, "Caracterización de morteros de colocación de azulejos antiguos: una contribución a la," *Construction and Building Materials*, vol. 171, pp. 128-139, 2019.
- [53] R. Putra Jaya, M. . K. Mohd Satar and N. A. Mohamed Abdullah, "Effect of Black Rice Husk Ash on Asphaltic Concrete Properties under Aging Condition," *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 431, no. 3, pp. 1-13, 2018.
- [54] R. Pradoto, E. Puri, T. Hadinata and Q. Rahman, "Improving strength of porous asphalt: a nano material experimental approach," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 849, pp. 1-9, 2020.
- [55] J. Peerapong, N. Korakod, T. Pimpawat, P. O. Ghim and T. Chotchanit, "Development of a modified Marshall mix design for Hot-mix asphalt concrete mixed with recycled plastic based on dry mixing processes," *Construction and Building Materials*, vol. 404, p. 133127, 2023.
- [56] K. Mrinal, K. Sukanta and R. Tapas Kumar, "Determination of Marshall parameters of bituminous mix by using non-destructive testing method," *Materials Today: Proceedings*, pp. 2214-7853, 2023.

- [57] R. S. Syed Adnan, A. Muhammad Kashif, A. Hunain, Q. Muhammad Ahmed, N. Aqsa, K. Asfar Nasir and W. Muhammad, "Marshall stability and flow analysis of asphalt concrete under progressive temperature conditions: An application of advance decision-making approach," *Construction and Building Materials*, vol. 262, p. 120756, 2020.
- [58] K. Arun and R. Sreenivasa, "Experimental study and simulation analysis on design of stone mastic asphalt along Marshall mix methods using low-density polyethylene for eco-friendly nature," *Materials Today: Proceedings*, vol. 81, pp. 489-496, 2021.
- [59] Z. Weiguang, K. Adnan, H. Ju, Z. Jingtao, P. Tianyi and C. Hanglin, "Predicting Marshall parameters of flexible pavement using support vector machine and genetic programming," *Construction and Building Materials*, vol. 306, p. 124924, 2021.
- [60] P. Ba Nhan, L. Thanh Hai, N. Thuy Anh, T. H. Huong Giang and H. B. Ly, "Novel approaches to predict the Marshall parameters of basalt fiber asphalt concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 400, p. 132847, 2023.
- [61] L. Xuelian, Z. Zihan, Y. Junhong, Z. Xian'an, W. Suiyuan and D. Aboelkasim, "High-temperature creep and low-temperature relaxation of recycled asphalt mixtures: Evaluation and balanced mix design," *Construction and Building Materials*, vol. 310, p. 125222, 2021.
- [62] MTC, 09 April 2013. [Online]. Available:  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html).
- [63] Z. Zhenguo, L. Shuang, L. Jincan, S. Junfeng and Y. Tengjiang, "Influence of base course types on axial load diffusion performance for asphalt pavement based on measured data," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. 01644, 2022.
- [64] S. Mohammad Razeq and B. S. Ali Topal, "Investigation of asphalt concrete mixture types in different layers in asphalt pavement: A mechanistic approach," *Journal of Engineering Research*, vol. 11, p. 100027, 2023.

- [65] L. Sang Kwon, Y. Jinhwan, L. Chang Hun, A. Kanghyun, Y. Young Sam, L. Jaehun, Y. Gi Ho and H. Seoung Uk, "Road type classification using deep learning for Tire-Pavement interaction noise data in autonomous driving vehicle," *Applied Acoustics*, vol. 212, p. 109597, 2023.
- [66] K. Changjiang, Q. Yanjuan, K. Aihong, H. Haotian and W. Xing, "Spatiotemporal distribution characteristics of runoff-pollutants from three types of urban pavements," *Journal of Cleaner Production*, vol. 292, p. 125885, 2021.
- [67] J. Y. C. H. L. Sang-Kwon Lee, A. Kanghyun, Y. Young Sam, L. Jaehun, Y. Gi Ho and H. Seoung Uk, "Road type classification using deep learning for Tire-Pavement interaction noise data in autonomous driving vehicle," *Applied Acoustics*, vol. 212, p. 109597, 2023.
- [68] H. Xie, C. Li and Q. J. Wang, "A critical review on performance and phase separation of thermosetting epoxy asphalt binders and bond coats," *Construction and Building Materials*, vol. 326, p. 126792, 2022.
- [69] Q. Pan, C. Zheng, X. Canción, H. Yu, J. Zhang, M. Borges Cabrera and H. Liu, "Mechanical analysis of asphalt pavement based on bimodulus elasticity theory," *Construction and Building Materials*, vol. 301, p. 124084, 2021.
- [70] H. Yuqiao, P. Wolfram, M. Reed, A. Hessam, G. Fengdi, A. Kangxin, L. Jin, E. Hertwich and W. Can, "Mitigating life cycle GHG emissions of roads to be built through 2030: Case study of a Chinese province," *Journal of Environmental Management*, vol. 319, p. 115512, 2022.
- [71] . L. Zhen, . A. Sha, W. Wang and J. Gao, "Studying the Properties of SBS/Rice Husk Ash-Modified Asphalt Binder and Mixture," *Advances in Materials Science and Engineering*, pp. 1-11, 2020.
- [72] Z. Zhang Yinglon, H. Yutong, W. Xiaodi, G. Jiuming, J. Wenxia, L. Yafei and Z. Jiakun Chen, "Research on Durability and Long-Term Moisture Stability Improvement of

Asphalt Mixture Based on Buton Rock Asphalt," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, p. 12708, 2023.

[73] L. Yu, "Review on evolution and evaluation of asphalt pavement structures and materials," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 7, pp. 573-599, 2020.

[74] M. Yongjun, Z. Chunyu, L. Zhirong, L. Lishan, L. Jiechao, F. Guipeng and L. Xiaowan, "Recycling of waste printed circuit boards: Effect of PCB on aging resistance property of SBR modified asphalt," *Journal of Building Engineering*, vol. 73, p. 106617, 2023.

[75] H. Tameem Mohammed, M. Mohammed Zuhear, K. Fatimah Fahem, A. A. Ali Abdul and A. Yasar Ameer, "An experimental comparison between different types of surface patterns of permeable interlocking concrete pavement for roadway subsurface drainage," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 12, p. 01227, 2022.

[76] K. Pranab, V. Suvin and C. Mallikarjuna, "Assessing the crash risk of mixed traffic on multilane rural highways using a proactive safety approach," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 188, p. 107099, 2023.

[77] C. Fresno, *Metodología de la investigación: así de fácil.*, Córdoba: El Cid Editor, 2019, p. 156.

[78] U. S. D. S. S.A.C., *CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C. VERSIÓN 9*, PIMENTEL, 2023.

# **ANEXOS**

## Anexo I Análisis químico de las cenizas de cascarilla de arroz

**INFORME DE ENSAYO N°1337-2022 RIVELAB**
**Emitido en Trujillo, 02 de diciembre de 2022**
**Pág. 1 de 1**

SOLICITUD DE SERVICIO	:	221122CCA
NOMBRE DEL SOLICITANTE	:	Millones Chapañan Mario
TITULO DE LA TESIS	:	"Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de mezclas asfálticas, añadiendo ceniza de cáscara de arroz como aditivo con fines de pavimentación"
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	:	Muestra proporcionada por el cliente"
PROPOSITO DEL SERVICIO	:	Análisis físico químicos
PRODUCTO DECLARADO	:	Ceniza de cáscara de arroz
IDENTIFICACION /MARCA	:	M-600 (muestra calcinada a 600 ° C) M-650 (muestra calcinada a 650 ° C) M-700 (muestra calcinada a 700 ° C) M-750 (muestra calcinada a 750 ° C)
CANTIDAD DE MUESTRA	:	04 bolsas con 200 g c/u
LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:	Laboratorio-Trujillo / 2022-11-22
FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS	:	2022-11-22
MUESTRA DIRIMENTE	:	Muestra No Sujeta a Dirimencia por ser Muestra Percible y/o Muestra Unica.
FECHA DE TERMINO DE LOS ENSAYOS	:	2022-12-02

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)**

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS M-600	RESULTADOS M-650	RESULTADOS M-700	RESULTADOS M-750
Humedad	%	7.52	7.54	7.55	7.54
Gravedad específica	--	1.90	1.95	1.96	1.93
SiO <sub>2</sub>	%	80.80	81.23	82.19	82.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.61	0.62	0.65	0.65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.15	0.15	0.16	0.18
CaO	%	0.21	0.21	0.23	0.23
MgO	%	0.13	0.13	0.14	0.14
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	--	81.90	82.34	83.37	83.42

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>	Gavimetría
SiO <sub>2</sub>	Gavimetría
CaO y MgO	Volumetría



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

# INFORME DE ENSAYO N°1337-2022 RIVELAB

Emitido en Trujillo, 02 de diciembre de 2022

Pág. 2 de 1



Anexo II Certificado de calibración de equipos  
del laboratorio “RIVERO S.A.C - RIVALAB  
S.A.C”



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Informe de Calibración

### LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 1 de 5

Expediente	<b>1045739</b>	Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	<b>LABORATORIO RIVERO S.A.C. - RIVELAB S.A.C.</b>	
Dirección	<b>Av. Isabel de Bobadilla N° 524 Urb. Monserrate IV Etapa - Trujillo</b>	
Instrumento de Medición	<b>BALANZA</b>	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).
Marca	<b>FAITHFUL</b>	
Modelo	<b>FA2104N</b>	
Número de Serie	<b>1012011035</b>	
Intervalo de Indicaciones	<b>0 g a 210 g</b>	
División de escala real (d)	<b>0,0001 g</b>	
División de verificación de escala (e)	<b>1 mg</b>	La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.
Procedencia	<b>NO INDICA</b>	
Tipo	<b>ELECTRONICA</b>	
Clasificación	<b>NO AUTOMATICA</b>	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Fecha de Calibración	<b>2022-03-23</b>	

Este informe de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Informes sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	 Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA Leonado FAU 20600283015 soft Fecha: 2022-03-29 10:42:58	 Firmado digitalmente por TAIPE ARAUJO Donny Nimer FAU 20600283015 soft Fecha: 2022-03-29 08:16:52
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

**Instituto Nacional de Calidad - INACAL**  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

# Informe de Calibración

## LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 2 de 5

### Método de Calibración

Norma Metroológica Peruana NMP 003:2009 " Instrumento de pesar de funcionamiento no automático"

### Lugar de Calibración

Laboratorio Rivero S.A.C (área de ensayos)  
Av. Isabel de Bobadilla N° 524, Urb. Monserrate - Trujillo

### Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura	23,6 °C	23,4 °C
Humedad Relativa	70 %	72 %
Presión Atmosférica	1 006 mbar	1 006 mbar

### Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología (INACAL - PERÚ)	Pesas LM-04-001 Clase de exactitud: E2	INACAL DM/ LM-C-062-2021 Del: 2021-03-03 al 2021-03-04



**INACAL**  
 Instituto Nacional  
 de Calidad  
 Metrología

# Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 3 de 5

## Resultados de Medición

FECHA DE CALIBRACION	2022-03-23
IDENTIFICACION DE LA BALANZA	BA01
UBICACION DE LA BALANZA	Laboratorio Rivero S.A.C (área de ensayos) Av. Isabel de Bobadilla N° 524, Urb. Monserrate - Trujillo

### INSPECCION VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACION LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

CARGA = 100,0000 g		CARGA = 200,0002 g	
I (g)	E (mg)	I (g)	E (mg)
99,9996	-0,4	199,9993	-0,9
99,9997	-0,3	199,9996	-0,6
99,9996	-0,4	199,9997	-0,5
99,9996	-0,4	199,9995	-0,7
99,9996	-0,4	199,9995	-0,7
99,9997	-0,3	200,0000	-0,2
99,9996	-0,4	199,9996	-0,6
99,9996	-0,4	199,9994	-0,8
99,9996	-0,4	199,9999	-0,3
99,9995	-0,5	199,9993	-0,9

CARGA (g)	E <sub>max</sub> - E <sub>min</sub> (mg)	e.m.p. (mg)
100,0000	0,2	2,0
200,0002	0,7	3,0

### ENSAYO DE PESAJE

CARGA (g)	CARGA CRECIENTE (↓)			CARGA DECRECIENTE (↑)			e.m.p. ± (mg)
	I (g)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	I (g)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,0010	0,0009	-0,1 (*)					
0,0100	0,0101	0,1	0,2	0,0084	-1,6	-1,5	1,0
20,0000	20,0000	0,0	0,1	19,9986	-1,4	-1,3	1,0
40,0000	40,0004	0,4	0,5	39,9988	-1,2	-1,1	1,0
50,0000	50,0003	0,3	0,4	49,9990	-1,0	-0,9	1,0
80,0000	80,0004	0,4	0,5	79,9989	-1,1	-1,0	2,0
100,0000	100,0003	0,3	0,4	99,9995	-0,5	-0,4	2,0
150,0000	150,0010	1,0	1,1	149,9998	-0,2	-0,1	2,0
180,0000	180,0008	0,8	0,9	180,0003	0,3	0,4	2,0
200,0002	200,0002	0,0	0,1	200,0001	-0,1	0,0	3,0
210,0002	210,0001	-0,1	0,0	210,0001	-0,1	0,0	3,0



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

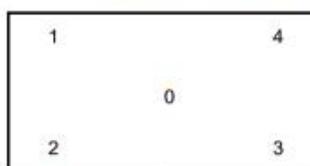
Metrología

Laboratorio Itinerante 1

## Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Página 4 de 5

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

POSICION	DETERMINACION DE Eo			DETERMINACION DEL ERROR CORREGIDO Ec				e.m.p. ± ( mg )
	CARGA ( g )	I ( g )	Eo ( mg )	CARGA ( g )	I ( g )	E ( mg )	Ec ( mg )	
0	0,0010	0,0009	-0,1	70,0000	69,9996	-0,4	-0,3	2,0
1	0,0010	0,0010	0,0	70,0000	69,9995	-0,5	-0,5	2,0
2	0,0010	0,0010	0,0	70,0000	69,9994	-0,6	-0,6	2,0
3	0,0010	0,0009	-0,1	70,0000	69,9999	-0,1	0,0	2,0
4	0,0010	0,0010	0,0	70,0000	70,0002	0,2	0,2	2,0

e.m.p. Error máximo permitido considerado para balanzas en uso de Funcionamiento

No Automático de clase de exactitud I

I Lectura de la balanza ( g )

E Error encontrado

Eo Error en cero ( \* )

Ec Error corregido ( E - Eo )

ΔL Carga incrementada

### LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura corregida	=	$R - 4,156 \times 10^{-6} \times R$
Incertidumbre expandida	=	$2\sqrt{2,960 \times 10^{-7} \text{ g}^2 + 4,766 \times 10^{-12} \times R^2}$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración ( g )



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

# Informe de Calibración

## LM - LI1 - 001 - 2022

**Laboratorio Itinerante 1**

Página 5 de 5

### **Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

### **Recalibración**

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

### **DIRECCION DE METROLOGIA**

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

### **SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM**

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

**Anexo III Certificado de calibración de equipos  
del laboratorio “FERMATI CONSTRUCTURA Y  
SERVICIOS GENERALES”**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LMI-023-2022

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2022/06/01
Solicitante	FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES SAC
Dirección	CAL. FRANCISCO CABRERA NRO. 1277 CERCADO CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Instrumento de medición	HORNO
Identificación	NO INDICA
Marca	PYS EQUIPOS EIRL
Modelo	STHX-2A
Serie	157103
Cámara	136 LITROS
Ventilación	NATURAL
Pirómetro	DIGITAL
Procedencia	CHINA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
Lugar de calibración	CAL. FRANCISCO CABRERA NRO. 1277 CERCADO CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Fecha de calibración	2022/06/01
Método/Procedimiento de calibración	- SNM – PC-018 2da Ed. 2009 – Procedimiento para la calibración de medios isoterms con aire como medio termostático. INACAL. - ASTM D 2216, MTC E 108 – Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.  
*[Signature]*  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnicero  
METROLOGÍA

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 496-8887 / + 51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LMI-023-2022**

**Arso Group**

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
CADENT S.A.C.	Termómetro con sonda MARCA: EZODO	0015-LT-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 24,2 °C	Final: 21,8 °C
Humedad Relativa	Inicial: 46 %hr	Final: 43%hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

**TEMPERATURA**

Tiempo (hh:mm)	Pirómetro °C	INDICACIONES CORREGIDAS DE CADA TERMOCUPLA ° C										T° Prom. °C	Tmax - Tmin °C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	110	111.0	110.8	110.7	111.0	110.3	110.1	110.0	110.5	110.5	110.6	110.6	1.0
00:02	110	110.5	110.5	111.0	110.6	110.8	110.7	110.5	110.9	110.1	110.4	110.6	0.9
00:04	110	110.7	110.4	110.6	110.7	110.5	110.4	110.5	110.1	110.5	111.0	110.5	0.9
00:06	110	110.8	110.9	110.4	110.6	110.7	110.3	110.0	110.6	110.1	110.5	110.5	0.9
00:08	110	110.5	110.0	110.5	110.5	110.1	110.7	110.2	110.5	110.6	110.7	110.4	0.7
00:10	110	110.3	110.6	110.8	110.0	110.8	110.1	110.7	110.1	110.1	110.1	110.4	0.8
00:12	110	110.7	111.0	110.3	110.3	110.5	110.3	110.0	110.1	110.1	110.7	110.4	1.0
00:14	110	110.6	110.5	110.1	110.3	110.1	110.6	110.2	110.6	110.1	110.9	110.4	0.8
00:16	110	110.2	110.0	110.2	110.7	110.3	110.3	111.0	110.4	110.5	110.9	110.5	1.0
00:18	110	110.4	110.3	110.8	110.0	110.7	110.1	110.0	110.8	110.2	110.2	110.4	0.8
00:20	110	110.1	110.1	110.8	110.9	110.8	110.5	110.7	110.5	111.0	110.7	110.6	0.9
00:22	110	110.4	110.7	110.7	110.7	110.4	110.1	110.3	110.3	110.5	111.0	110.5	0.9
00:24	110	110.8	110.4	110.5	110.6	110.0	110.4	110.3	110.5	110.1	110.7	110.4	0.8
00:26	110	110.3	110.4	110.5	110.3	110.0	110.7	110.7	110.3	110.5	110.7	110.4	0.7
00:28	110	110.9	110.5	110.1	110.9	110.4	110.7	110.9	110.4	111.0	110.7	110.7	0.9
00:30	110	110.4	110.2	110.0	110.7	110.9	110.2	110.4	110.0	110.2	110.9	110.4	0.9
00:32	110	110.7	110.5	110.4	110.7	110.7	110.4	110.8	110.4	110.7	110.5	110.6	0.4
00:34	110	110.5	110.1	110.5	110.5	110.3	110.5	110.1	110.7	110.0	110.6	110.4	0.7
00:36	110	110.8	110.7	110.7	110.6	110.4	110.8	110.5	110.2	110.1	110.4	110.5	0.7
00:38	110	110.5	110.1	110.5	110.9	110.6	110.6	110.7	110.2	110.4	110.4	110.5	0.8
00:40	110	110.2	111.0	110.4	110.2	110.9	110.2	110.5	110.5	110.5	110.3	110.5	0.8
00:42	110	110.0	110.5	110.8	110.8	110.3	110.3	110.1	110.1	110.1	110.9	110.4	0.9
00:44	110	110.1	110.6	111.0	110.9	110.1	110.9	110.6	110.2	110.5	110.7	110.6	0.9
00:46	110	110.2	110.5	110.2	110.9	110.4	110.7	110.8	110.3	110.3	111.0	110.5	0.8
00:48	110	110.1	110.8	110.1	110.8	110.7	110.4	110.6	110.0	110.4	110.5	110.4	0.8
00:50	110	110.8	110.8	110.4	110.7	110.7	110.2	110.8	111.0	110.1	110.5	110.6	0.9
T. PROM.	110	110.5	110.5	110.5	110.6	110.5	110.4	110.5	110.4	110.4	110.6	110.5	
T. MAX.	110	111.0	111.0	111.0	111.0	110.9	110.9	111.0	111.0	111.0	111.0		
T. MIN.	110	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.1	110.0	110.0	110.0	110.1		

Nomenclatura:

- T. P Promedio de indicaciones corregidas de los termopares para un instante de tiempo.
- Tmax Diferencia entre máxima y mínima temperatura para un instante de tiempo.
- T. P Promedio de indicaciones corregidas para a cada termocupla durante el tiempo total.
- T. M La Máxima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.
- T. M La Mínima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.



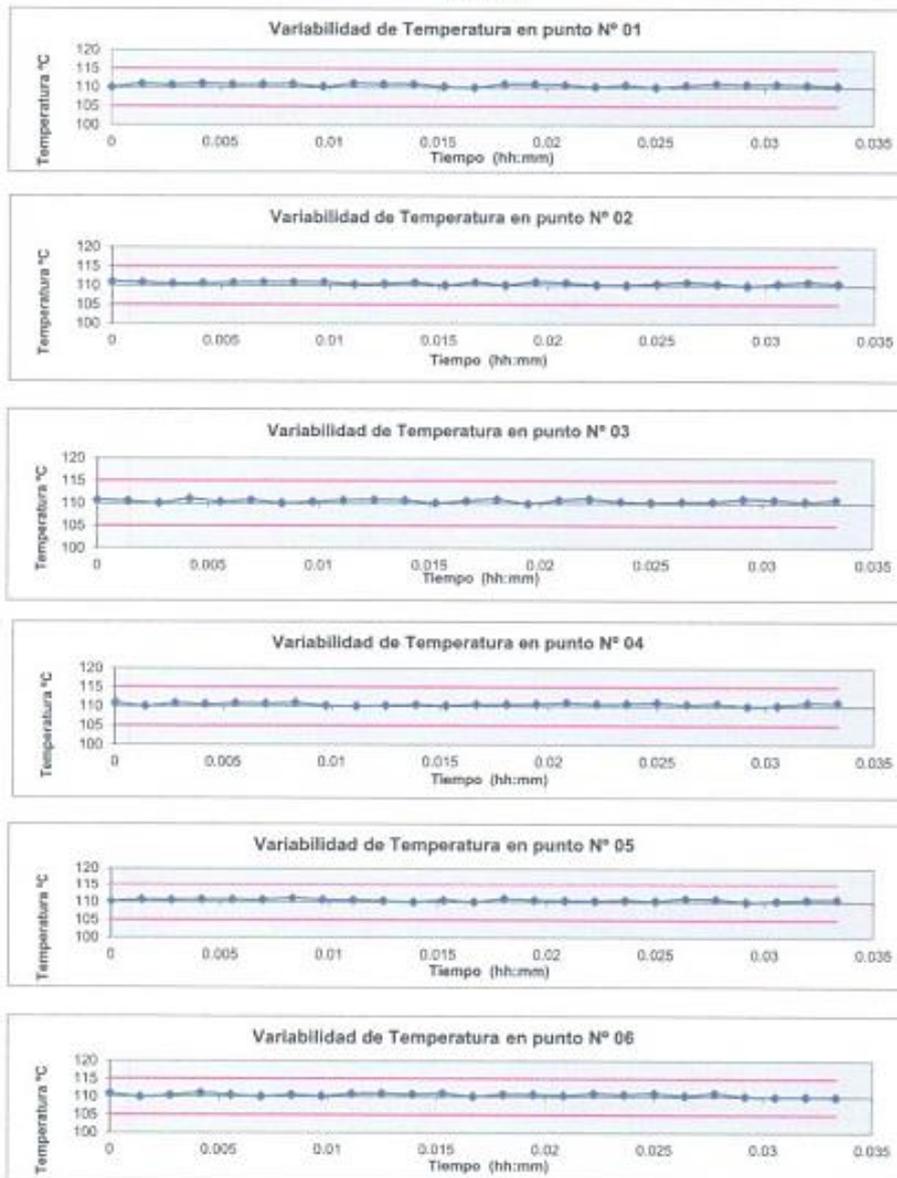
**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 496-8887 / + 51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
*[Signature]*  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica  
METROLOGIA



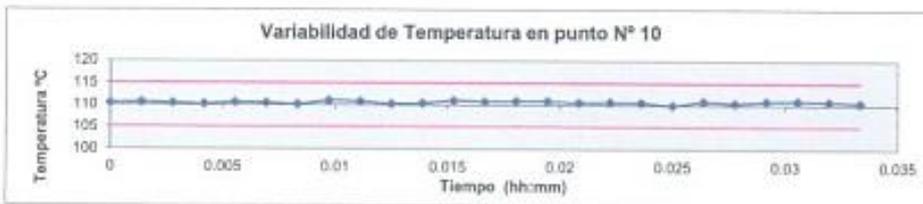
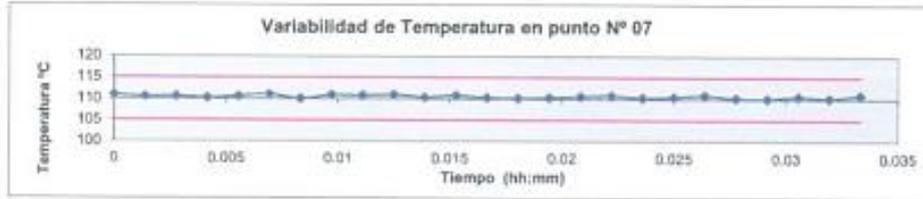
GRÁFICO



ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego M2 C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 496-8887 / + 51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Luis Arevalo Cárnic  
METROLOGÍA



**DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL ESPACIO**



NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



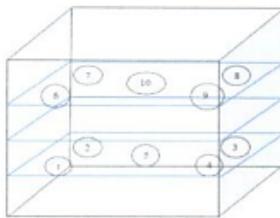
ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 496-8887 / + 51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP  
*[Signature]*  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnice  
METROLOGÍA



GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA



PANEL FRONTAL DEL EQUIPO

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura  $k=2$ .
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LMA-119-2022

Página 1 de 3

## Arso Group

### Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2022/06/01
Solicitante	FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES SAC
Dirección	CAL.FRANCISCO CABRERA NRO. 1277 CERCADO CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Instrumento de medición	BALANZA NO AUTOMATICA
Identificación	NO INDICA
Intervalo de indicación	30000 g
División de escala Resolución	1 g
División de verificación (e)	1 g
Tipo de indicación	ELECTRÓNICA
Marca / Fabricante	T-SCALE
Modelo	QHW-30
N° de serie	02402047011
Procedencia	CHINA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
Lugar de calibración	CAL.FRANCISCO CABRERA NRO. 1277 CERCADO CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Fecha de calibración	2022/06/01

#### Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LMA-119-2022**

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 1kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0689-LM-2021

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental	Inicial: 24,6 °C	Final: 21,7 °C
Humedad Relativa	Inicial: 45 %hr	Final: 41 %hr

**Resultados**

ENSAYO DE REPETIBILIDAD						
Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	14999.0	0.07	-0.11	30000	0.03	-0.1
2	14999.0	0.04	-0.12	29999	0.05	-0.11
3	14999.0	0.03	-0.1	29999	0.02	-0.11
4	14999.0	0.04	-0.1	29999	0.01	-0.12
5	14999.0	0.03	-0.11	29999	0.01	-0.11
6	14999.0	0.01	-0.11	29999	0.09	-0.18
7	14999.0	0.01	-0.11	29999	0.03	-0.11
8	14999.0	0.05	-0.1	29999	0.02	-0.1
9	14999.0	0.03	-0.15	29999	0.01	-0.11
10	14999.0	0.01	-0.12	29999	0.01	-0.11
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
14999	0		1			
29999	0		5			



  
**ARSOU GROUP S.A.C.**  
 Ing. Hugo Luis Arévalo  
 LABORATORIO DE METROLOGÍA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LMA-119-2022

Página 3 de 3

**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación de E <sub>0</sub>				
	Carga Min <sup>(1)</sup> (g)	I (kg)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	100	100	0.01	-0.01	10000	10000	0.04	-0.02	0.07
2		100	0.05	0		9999	0.03	-0.02	0
3		100	0.05	0		9998	0.01	-0.03	-0.01
4		100	0.02	0.03		10000	0.07	0.08	0.05
5		100	0.06	-0.02		9999	0.06	0.19	0.21

<sup>(1)</sup> Valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP <sup>(2)</sup> (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1	1	0.02	-0.06						1
5	5	0.01	0.01	0.01	5	0.01	0.01	0.03	1
10	10	0.06	-0.03	0.01	10	0.02	-0.07	-0.01	1
50	50	0.03	0	0	50	0.02	-0.07	-0.05	1
100	100	0.01	0	0	100	0.04	-0.01	0.01	1
500	500	0.05	0.01	0.01	500	0.08	-0.01	0.01	1
1000	1000	0.04	-0.02	0.02	1000	0.05	0	0.02	1
5000	4999	0.01	-0.05	0.03	4999	0.06	-0.1	-0.07	1
10000	9999	0.02	0.01	0.01	9999	0.06	-0.21	-0.07	5
15000	14999	0.01	0.03	0.03	14998	0.07	-0.12	-0.02	5
30000	30000	0.06	0.6	0.09	30000	0.09	-0.21	-0.21	5

**Leyenda**

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga incrementada

E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero

E<sub>c</sub>: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

$$\text{Incertidumbre expandida de medición} \quad U_R = 2 \cdot \sqrt{0.42816 \text{ g}^2 + 0.000000012363 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida} \quad R_{\text{corregida}} = R + 0.923616478 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza ( g )

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metroológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CAUBRADO"

**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 303-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



ARSOU GROUP  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carrico  
METROLOGÍA

Expediente	20313
Solicitante	<b>FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES SAC</b>
Dirección	CAL.FRANCISCO CABRERA NRO. 1201 CERCADO CHICLAYO (PISCINA MUNICIPAL) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Instrumento de Medición	Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Equipo Calibrado	<b>PRENSA CBR</b>
Marca (o Fabricante)	KAIZA CORP
Modelo	NO INDICA
Número de Serie o Identificación	2019-21
Procedencia	NO INDICA
Indicador de Lectura	INDICADOR DIGITAL
Alcance de Indicación	0 Kgf a 5000 Kgf
Resolución	0,1 Kgf
Marca (o Fabricante)	HIGH WEIGHT
Modelo	RS-232
Número de Serie o Identificación	NO INDICA
Transductor de Fuerza	TRANSDUCTOR DE FUERZA
Marca (o Fabricante)	ZEMIC
Modelo	H3-C3-5.0T-6B
Número de Serie o Identificación	5.0t TC062682
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE SUELOS DE FERMATI SAC
Lugar de Calibración	CAL.FRANCISCO CABRERA NRO. 1277 CERCADO CHICLAYO - LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Fecha de Calibración	2022-01-21

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2022-01-24

**CEM INDUSTRIAL**  
*Jesús Quinto C.*  
**JESÚS QUINTO C.**  
JEFE DE LABORATORIO

**Método de Calibración**

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

**Trazabilidad**

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú

Con Certificado N° INF-LE-N° 013-21B

**Resultados de medición**

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	500	507	506	507	507	-1,3	0,2	0,4
20	1000	1006	1006	1006	1006	-0,6	0,0	0,3
30	1500	1503	1504	1503	1503	-0,2	0,0	0,3
40	2000	2000	2001	2000	2000	0,0	0,1	0,3
50	2500	2500	2500	2500	2500	0,0	0,0	0,2
60	3000	2998	2999	2998	2998	0,1	0,0	0,2
70	3500	3496	3496	3497	3497	0,1	0,0	0,2
80	4000	3994	3996	3995	3995	0,1	0,0	0,2
90	4500	4493	4492	4491	4492	0,2	0,0	0,2
Lectura máquina en cero		0	0	0	----	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 28,8 °C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

**Evaluación de los resultados**

Los errores encontrados entre el 20 % y el 90 % del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

**Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

**Fin del documento**


Anexo IV Certificado del laboratorio por INDECOPI.



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

## Registro de la Propiedad Industrial

### Dirección de Signos Distintivos

#### CERTIFICADO N° 95052

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 12978-2016/DSD - INDECOPI de fecha 03 de Agosto de 2016, ha quedado inscrita en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Servicios de construcción; servicios de reparación e instalación; albañilería; alquiler de máquinas de construcción; montaje de andamios; servicios de carpintería estructural; pavimentación de carreteras; información sobre construcción; supervisión (dirección) de obras de construcción; demolición de construcciones; consultoría sobre construcción; limpieza de bienes inmuebles; trabajos de pintura para interiores y exteriores

Clase : 37 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 657576-2016

Titular : FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.

País : Perú

Vigencia : 03 de agosto de 2026

Tomo : 476

Folio : 66

RAY MELONI GARCIA  
Director  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI



## Anexo V Autorización del laboratorio para recolección de información.

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Chiclayo, 16 Diciembre del 2022

Quien suscribe:

**REPRESENTANTE LEGAL.**

GASTELO CHIRINOS GERMAN OSCAR-GERENTE GENERAL.

CAL. JOSE GALVEZ N° 120 – CHICLAYO – LAMBAYEQUE

**ASUNTO:** Realización de ensayos Mecánica de suelos en el laboratorio, FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C

Tengo el agrado de dirigirme a la escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la **UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN**, para informar que los tesisistas ANGASPILCO LLAMO MARISELI Y MILLONES CHAPOÑAN MARIO con código universitarios 2162801001 y 2151810804 respectivamente, identificado con número de DNI:75821299 y 74246279, con nombre del proyecto de investigación **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN**, ha hecho sus estudios de laboratorio de Mecánica de Suelos, en mi empresa mencionada en los párrafos anteriores, representada con **RUC 20561114502** bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Agradeciendo la atención al presente, aprovechando la oportunidad para expresarles los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente.

  
FERMATI CONSTRUCTORA Y  
SERVICIOS GENERALES SAC  
German Gastelo Chirinos  
GERENTE GENERAL



## Anexo VI Acreditación del laboratorio

### ACREDITACIÓN DE LABORATORIO

Por el presente el que suscribe, German Oscar Gastelo Chirinos, representante legal de la EMPRESA FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C identificado con DNI N.º 42643084, declaro bajo juramento que los ensayos realizados y los resultados obtenidos están en concordancia con las Normas Técnicas Peruanas y los estándares correspondientes al trabajo de investigación denominado EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN, ejecutada por los tesisistas Angaspilco Llamo Mariseli, identificado con DNI: 75821299 y Millones Chapoñan Mario, identificado con DNI: 74246279, de quien se garantiza la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Chiclayo, 22 de diciembre 2023



Atentamente,

German Oscar Gastelo Chirinos  
DNI N.º 42643084



## Anexo VII Ensayos en laboratorio.

---

# ENSAYOS DE LABORATORIO

---



964423859 - 943011231



Ca. José Galvez N° 120



[fermatisac@gmail.com](mailto:fermatisac@gmail.com)



[www.fermatisac.cf](http://www.fermatisac.cf)

---

# ENSAYOS DE AGREGADOS

---



### ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"

**MATERIALES** : Agregados chancados

**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli

Millones Chapoñán Mario

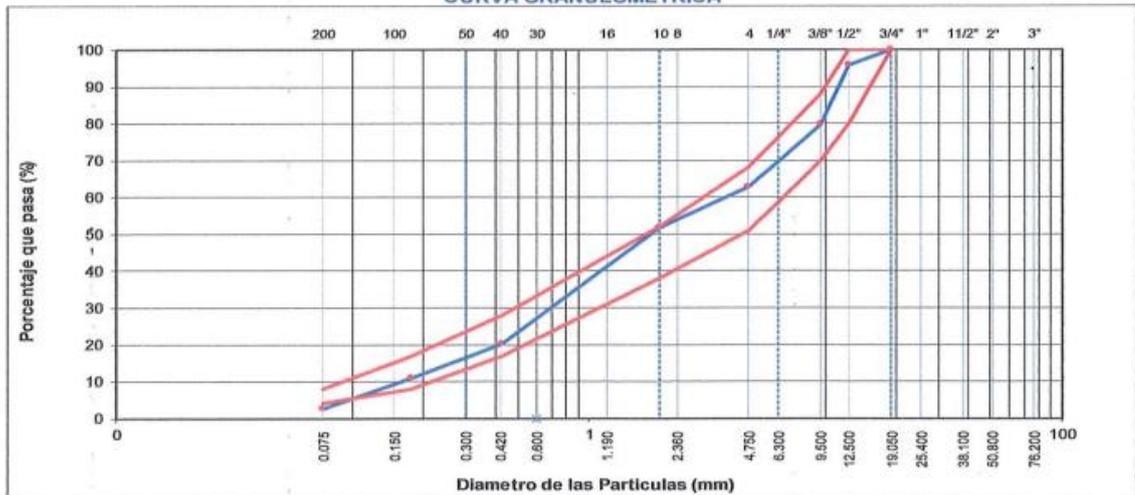
**DATOS DE DISEÑO**

Grava Chancada 3/4"	66%
Arena Chancada 1/4"	34%
Ceniza	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

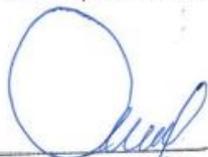
**TAMAÑO MAXIMO** : 3/4"  
**Peso inicial seco** : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	1818			100.0	100	
1/2"	12.500	252	4.2	4.2	95.8	80 100	
3/8"	9.500	961	16.0	20.2	79.8	70 88	
Nº 4	4.750	1027	17.1	37.3	62.7	51 68	
Nº 10	2.000	346.0	10.8	48.2	51.8	38 52	<b>Observación:</b>
Nº 40	0.425	1007.7	31.6	79.7	20.3	17 28	
Nº 80	0.177	294.7	9.2	89.0	11.0	8 17	
Nº 200	0.075	268.2	8.4	97.4	2.6	4 8	
< Nº 200	FONDO	83.5	2.6	100.0			

**CURVA GRANULOMETRICA**



\*. El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.  
 - Muestreo realizado por el solicitante.

  
**German Oscar Gastelo Chirinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
**Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N° 4178**

Expediente N° : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Tesista : Angaspico Lamo Mariseli  
 Escuela : Milones Chapoñán Mario  
 Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 20 de octubre del 2022

**ENSAYO** : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

**REFERENCIA** : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

**Cantera** : Cantera Tres Tomas - Ferreñafe  
**Muestra** : Agregado grueso

<b>% de desgaste por abrasión</b>	%	19.1
<b>% de uniformidad</b>	%	0.6

Requerimiento : 40 % Maximo

**OBSERVACIONES :**

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



German Oscar Gasteo Chirinos  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

INFORME DE ENSAYO N° 4178

Expediente N° : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C (Pág. 02 de 02)  
 TESIS : Angaspilco Llamo Mariseli  
 : Millones Chapoñán Mario  
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
 Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de Octubre del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
 Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTÍCULAS QUE EXHIBEN FALLA

Cantera : Tres Tomas  
 Muestra : Piedra chancada

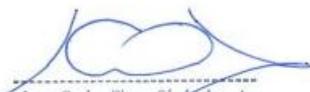
Tamices		Rajadas		Desmoronadas		fracturadas		Astilladas		N° total de partículas antes del ensayo
pasa	retiene	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
2 1/2"	2"	0	0	0	0	0	0	0	0	20
2"	1 1/2"	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 1/2"	3/4"	0	0	5	25	0	0	0	0	

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N° 4178**

**Expediente N°** : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C (Pág. 01 de 01)  
**TESISTA** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 : Millones Chapoñán Mario  
**TESIS** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Octubre del 2022

**Ensayo** : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad  
**Referencia** : de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
**Referencia** : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

**EXAMEN CUANTITATIVO**

**Cantera** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**Muestra** : Arena gruesa

**I .- DATOS**

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	N° 4	0.7
9.5 mm	4.75 mm	
N° 4	N° 8	0.8
4.75 mm	2.36 mm	
N° 8	N° 16	0.6
2.36 mm	1.18 mm	
N° 16	N° 30	0.5
1.18 mm	600 µm	
N° 30	N° 50	1.7
600 µm	300 µm	
N° 50	N° 100	2.0
300 µm	150 µm	

**II .- RESULTADO**

DESGASTE TOTAL	(%)	6.3
----------------	-----	-----

**OBERVACIONES :**

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO Nº 4178**

Expediente Nº : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 TESIS : Angaspilco Llamo Mariseli  
 : Millones Chapoñán Mario

(Pág. 02 de 02)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO  
 CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de Octubre del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

**EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTÍCULAS QUE EXHIBEN FALLA**

Cantera : Tres Tomas  
 Muestra : Piedra chancada

Tamices		Rajadas		Desmoronadas		fracturadas		Astilladas		Nº total de partículas antes del ensayo
pasa	retiene	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
2 1/2"	2"	0	0	0	0	0	0	0	0	
2"	1 1/2"	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 1/2"	3/4"	0	0	5	25	0	0	0	0	20

**OBSERVACIONES :**

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N° 4178**

Expediente N° : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 TESISTA : Angaspilco Llamo Mariseli  
 : Millones Chapoñán Mario

(Pág. 01 de 02)

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : Pimentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de Octubre del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

**EXAMEN CUANTITATIVO**

Cantera : Tres Tomas  
 Muestra : Piedra chancada

**I.- DATOS :**

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	3.1
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	1.1
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	0.9
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	N° 4	1.4
9.5 mm	4.75 mm	

**II.- RESULTADO :**

DESGASTE TOTAL	(%)	6.5
----------------	-----	-----

**OBSERVACIONES :**

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. 123351

**INFORME DE ENSAYO N° 4178**

(Pág. 01 de 02)

Expediente N° : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 TESISTA : Angaspilco Llamo Mariseli  
 : Millones Chapoñán Mario

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"

Ubicación : Pímentel - Chiclayo - Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Chiclayo 10 de Octubre del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
 Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

**EXAMEN CUANTITATIVO**

Cantera : Tres Tomas  
 Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	3.1
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	1.1
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	0.9
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	1.4
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	N° 4	1.4
9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	6.5
----------------	-----	-----

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

  
 German Oscar Gastelo Chifinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N° 4178**

**Expediente N°** : 2167 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
**Tesista** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 : Millones Chapoñán Mario  
**Tesis** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS  
 ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL  
 AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**Fecha de emisión** : 10 de Octubre del 2022

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera** : Tres Tomas - Ferreñafe

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco -	(g)	<b>951.8</b>	<b>951.8</b>
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Fra	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	309.03	309.03
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del F	(g)	637.77	637.77
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>142.77</b>	<b>142.77</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>495</b>	<b>495</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.592</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.618
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.662
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>1.01</b>

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Tres Tomas - Ferreñafe

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>3870</b>	<b>3870</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>3890</b>	<b>3890</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del	(g)	<b>3340</b>	<b>3340</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>900</b>	<b>900</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	2440	2440

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.669</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.683
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.706
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.52</b>

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351


964423859 - 943011231



Ca. José Galvez N° 120



fermatisac@gmail.com



www.fermatisac.cf

---

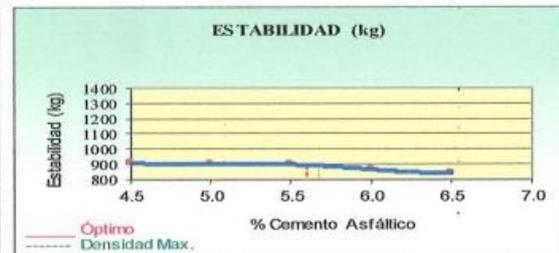
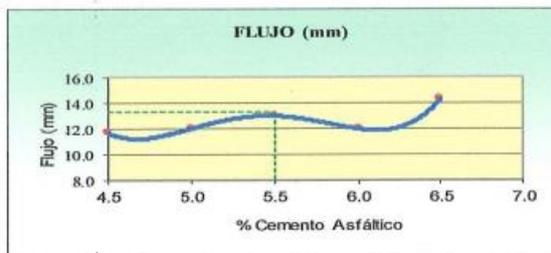
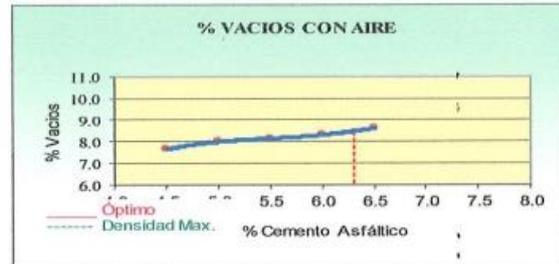
# PAVIMENTO LIGERO

---



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.8
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.200
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	19.00
Vacios Llenados de C.A (%)	55.00
Flujo (mm)	13.30
Estabilidad (Kg)	890
Relación Polvo Asfalto	2.22

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad

*German Oscar Gasteo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

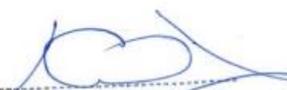
**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3553.2	3550.9	3549.2	3546.6	3545.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	457	460	461	464	465
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.405</b>	<b>2.393</b>	<b>2.385</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.8	DISEÑO	

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firma Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**

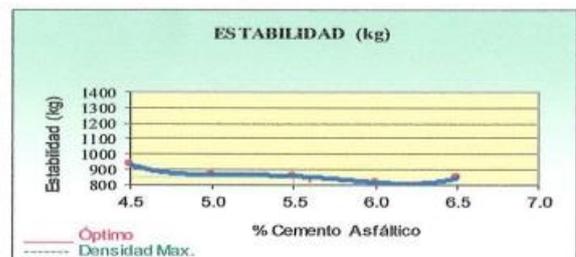
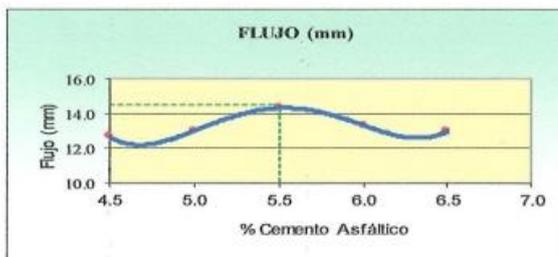
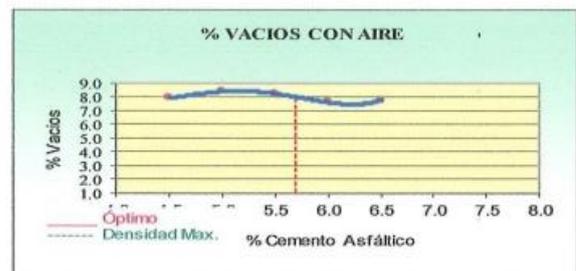
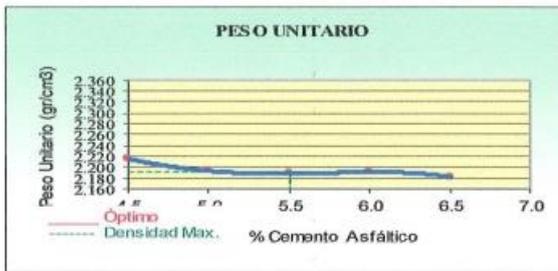
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"

**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Marisell  
Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.6
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.190
Vacios (%)	8.00
Vacios del Agregado mineral (%)	20.00
Vacios Llenados de C.A (%)	62.00
Flujo (mm)	14.50
Estabilidad (Kg)	850
Relación Polvo Asfalto	2.14

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Cirinos*  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



*Juan Carlos Firma Ojeda Ayesta.*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3553.2	3550.9	3549.2	3546.6	3545.5	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	457	460	461	464	465	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.405</b>	<b>2.393</b>	<b>2.385</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.6	DISEÑO	



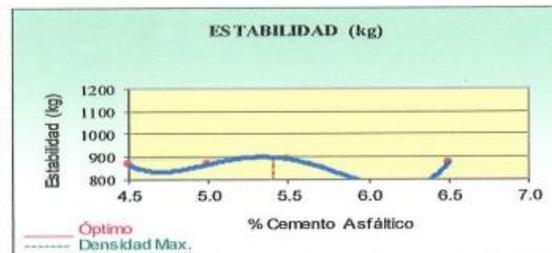
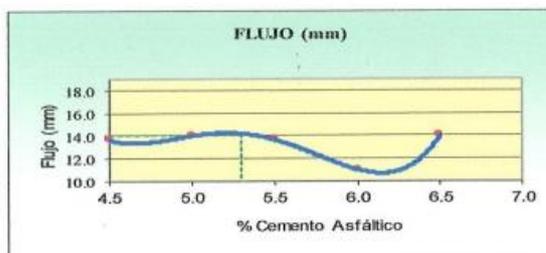
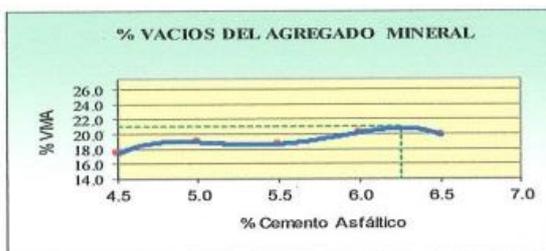
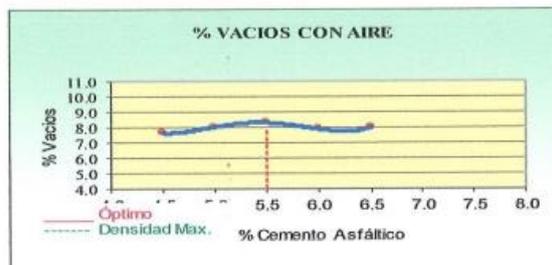
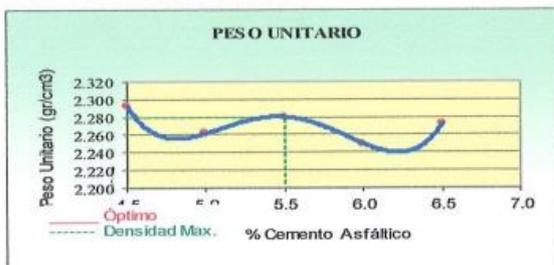
German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.280
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	21.00
Vacios Llenados de C.A (%)	63.00
Flujo (mm)	14.00
Estabilidad (Kg)	890
Relación Polvo Asfalto	2.09

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2467	2463	2468	2460	2465	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3567.2	3563.0	3568.0	3560.0	3565.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	443	448	443	451	446	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.481	2.458	2.486	2.442	2.469	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.5	DISEÑO	

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

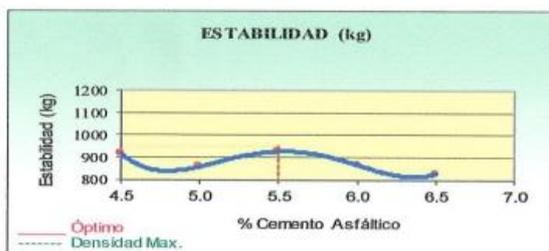
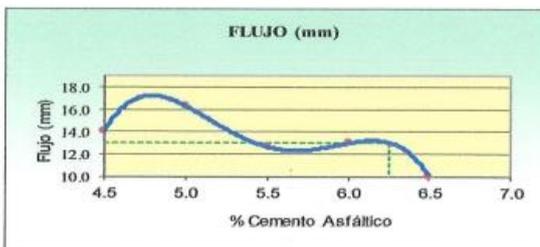
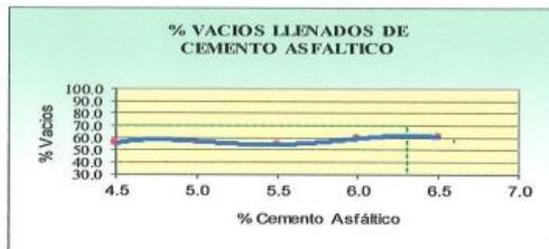
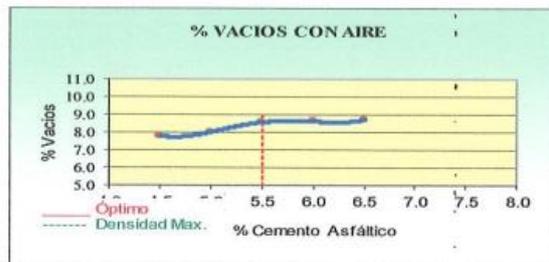
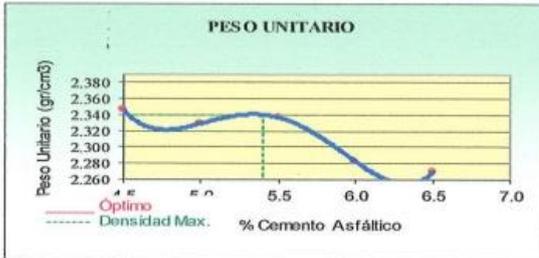


  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.340
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	20.00
Vacios Llenados de C.A (%)	70.00
Flujo (mm)	13.00
Estabilidad (Kg)	950
Relación Polvo Asfalto	2.09

**Nota:** El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



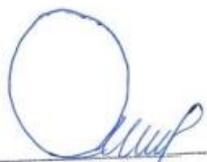
*Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2478	2476	2480	2470	2468
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3578.2	3576.0	3580.0	3570.0	3568.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	432	435	431	441	443
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.545	2.532	2.555	2.497	2.486

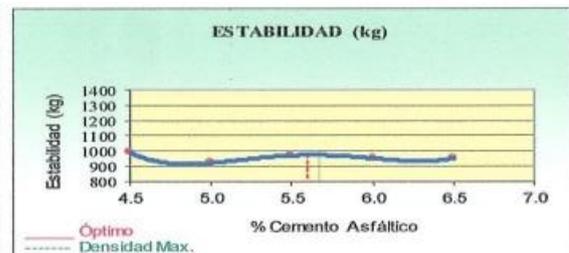
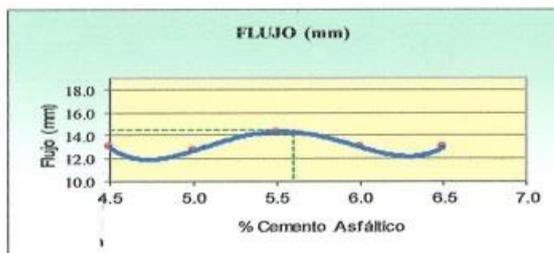
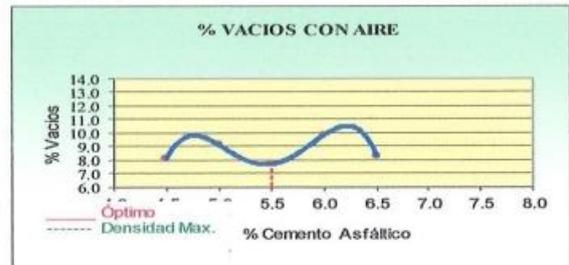
CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.5	DISEÑO	

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.360
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	21.00
Vacios Llenados de C.A (%)	60.00
Flujo (mm)	14.50
Estabilidad (Kg)	1000
Relación Polvo Asfalto	2.11

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



*Juan Carlos Pardo Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	REMARKS
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2488	2486	2480	2480	2476	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3588.2	3586.0	3580.0	3580.0	3576.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	422	425	431	431	435	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.605</b>	<b>2.591</b>	<b>2.555</b>	<b>2.555</b>	<b>2.532</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.5	DISEÑO	

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Fermo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

---

# PAVIMENTO MEDIANO

---



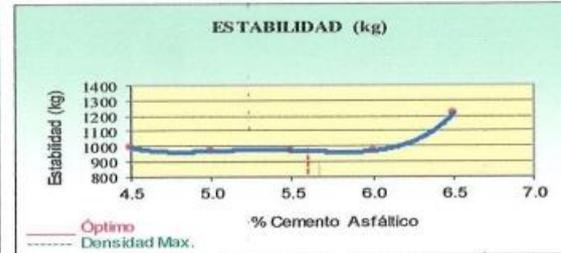
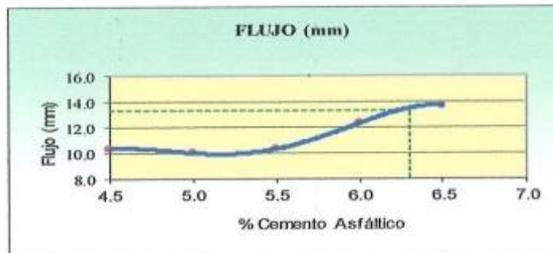
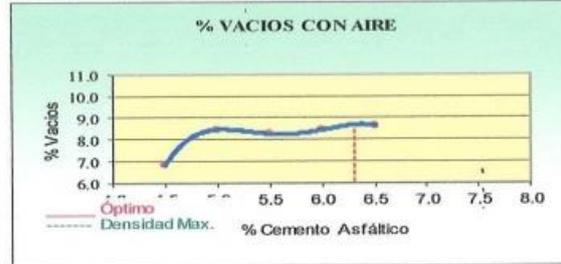
**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"

**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	5.8
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.180
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	19.00
Vacios Llenados de C.A (%)	55.00
Flujo (mm)	13.30
Estabilidad (Kg)	890
Relación Polvo Asfalto	2.22

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferrefafate  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3553.2	3550.9	3549.2	3546.6	3545.5	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	457	460	461	464	465	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.405</b>	<b>2.393</b>	<b>2.385</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.8	DISEÑO	



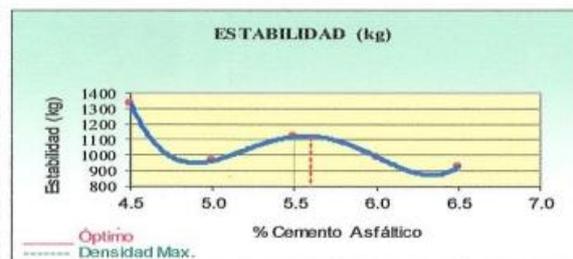
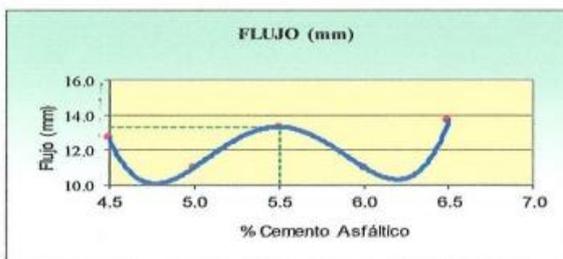
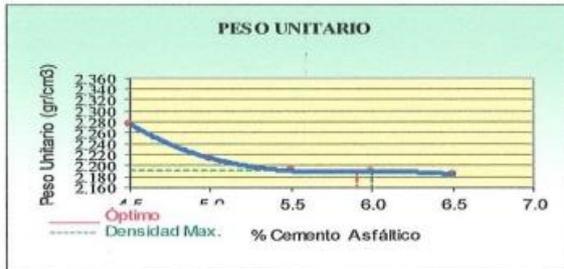
German Oscar Gasteo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llam o Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.190
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	20.00
Vacios Llenados de C.A (%)	62.00
Flujo (mm)	13.30
Estabilidad (Kg)	1100
Relación Polvo Asfalto	2.19

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Marisell  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446
4.- PESO DEL FRASCO+ MUESTRA + AGUA	3553.2	3550.9	3549.2	3546.6	3545.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	457	460	461	464	465
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.405</b>	<b>2.393</b>	<b>2.385</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.7	DISEÑO	

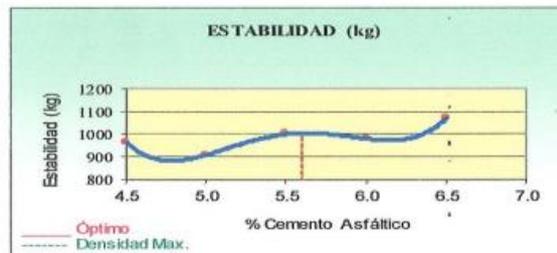
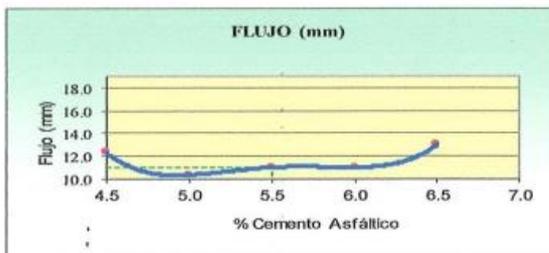
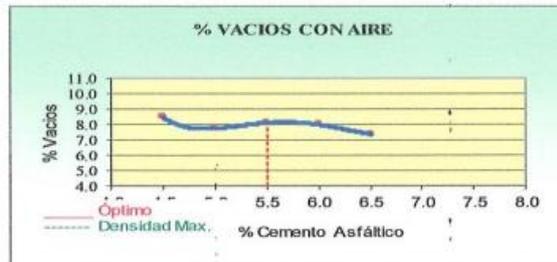
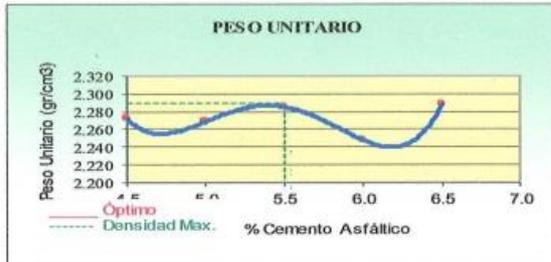
  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariselli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.290
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	21.00
Vacios Llenados de C.A (%)	63.00
Flujo (mm)	11.00
Estabilidad (Kg)	1000
Relación Polvo Asfalto	2.12

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



*Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	REMARKS
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2467	2463	2468	2460	2465	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3567.2	3563.0	3568.0	3560.0	3565.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	443	448	443	451	446	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.481</b>	<b>2.458</b>	<b>2.486</b>	<b>2.442</b>	<b>2.469</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.5	DISEÑO	

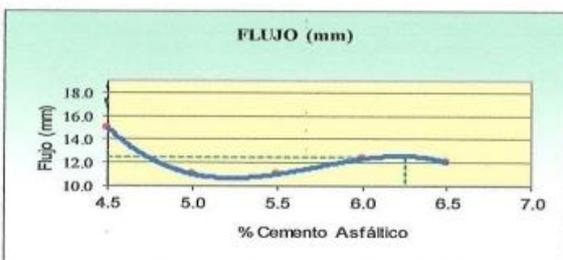
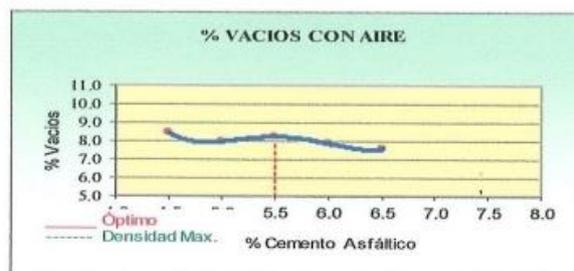
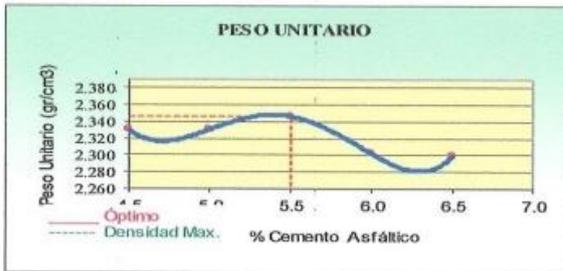
  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.5
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.220
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	20.00
Vacios Llenados de C.A (%)	70.00
Flujo (mm)	12.50
Estabilidad (Kg)	1050
Relación Polvo Asfalto	2.10

**Nota:** El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Castelo Chirinos*  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Pimco Ojeda Ayesta*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CASCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferretafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapofán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	PUNTO 6.5
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2478	2476	2480	2470	2468	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3578.2	3576.0	3580.0	3570.0	3568.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	432	435	431	441	443	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.545	2.532	2.555	2.497	2.486	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.5	DISEÑO	

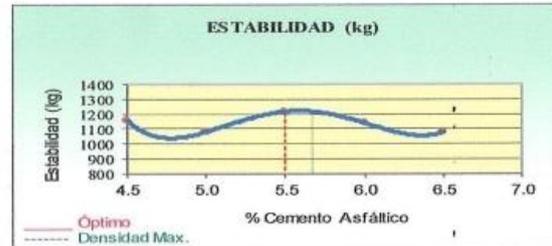
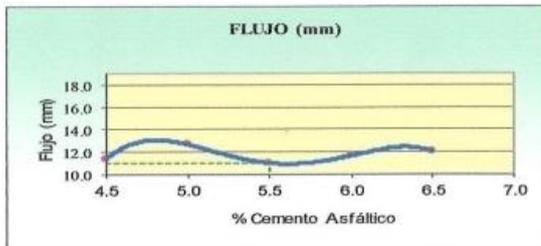
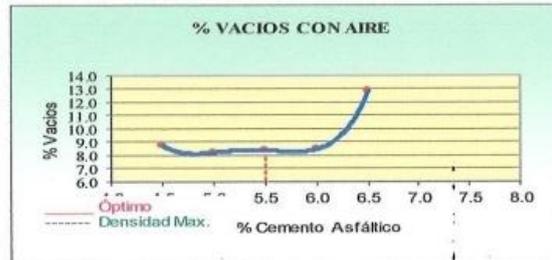
  
**German Oscar Gastelo Chirinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
**Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.340
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	21.00
Vacios Llenados de C.A (%)	60.00
Flujo (mm)	11.00
Estabilidad (Kg)	1200
Relación Polvo Asfalto	2.17

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



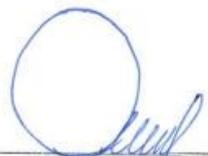
*Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2488	2486	2480	2480	2476	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3588.2	3586.0	3580.0	3580.0	3576.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	422	425	431	431	435	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.605</b>	<b>2.591</b>	<b>2.555</b>	<b>2.555</b>	<b>2.532</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.7	DISEÑO	

  
**German Oscar Gastelo Chirinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
**Juan Carlos Firme Ojeda Agesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

---

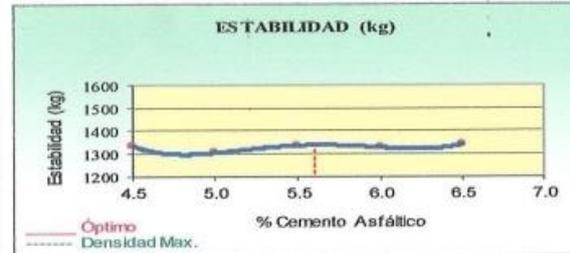
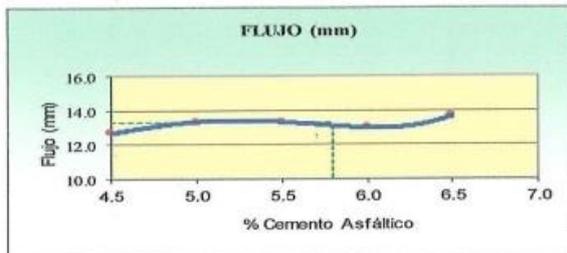
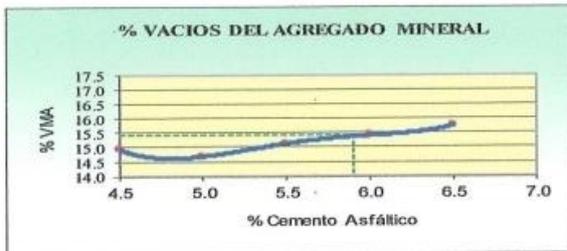
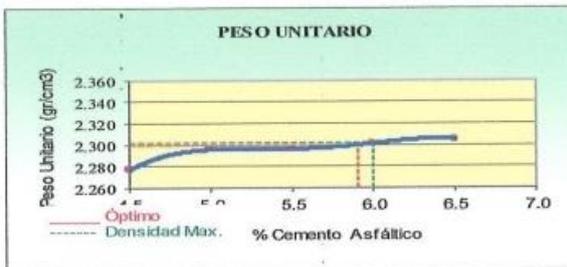
# PAVIMENTO PESADO

---



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.302
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	15.40
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	13.30
Estabilidad (Kg)	1340
Relación Polvo Asfalto	2.19

**Nota:** El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



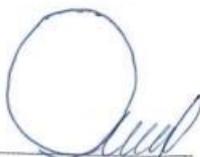
*Juan Carlos Firmo Ojeda Agesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

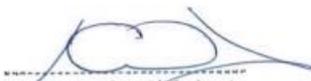
**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3553.2	3550.9	3549.2	3546.6	3545.5	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	457	460	461	464	465	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.405</b>	<b>2.393</b>	<b>2.385</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.7	DISEÑO	

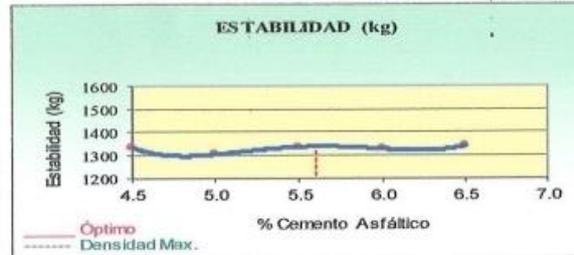
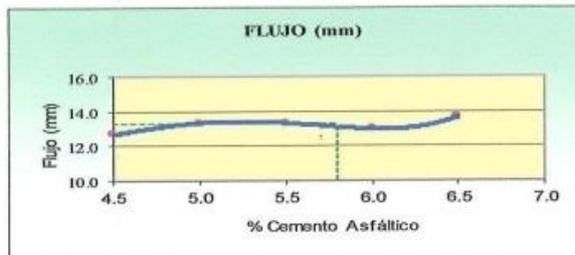
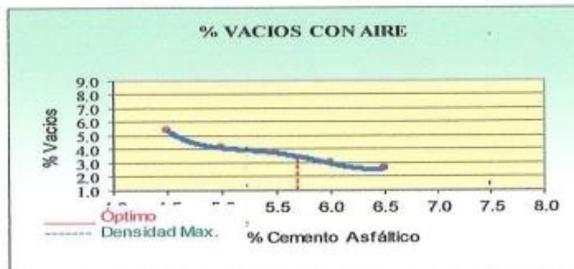
  
**German Oscar Castelo Chirinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
**Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1669 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.302
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	15.40
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	13.30
Estabilidad (Kg)	1340
Relación Polvo Asfalto	2.19

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad

*German Oscar Gasteo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Fermo Ojeda Agesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3553.2	3550.9	3549.2	3546.6	3545.5	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	457	460	461	464	465	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.405</b>	<b>2.393</b>	<b>2.385</b>	<b>2.371</b>	<b>2.366</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.6	DISEÑO	

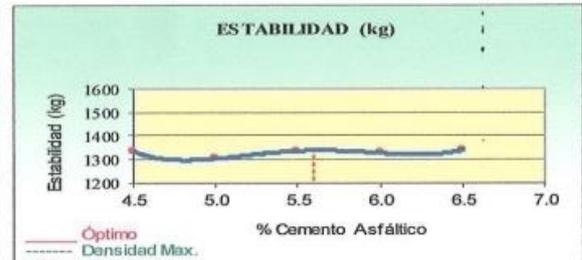
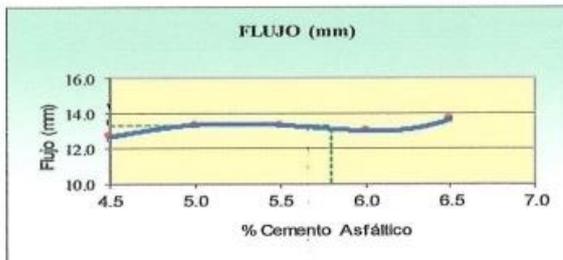
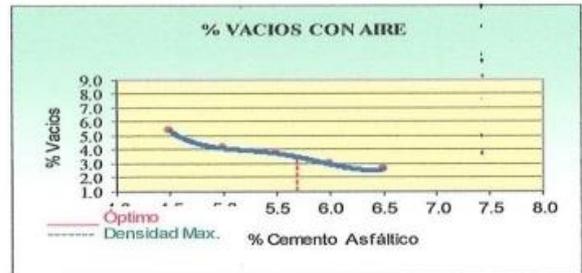
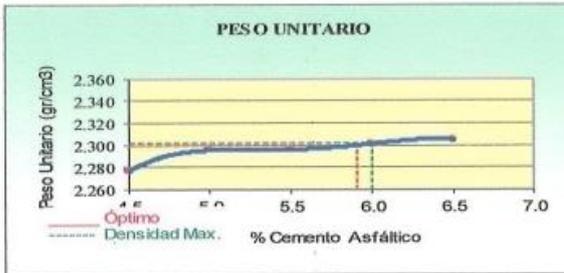
  
**German Oscar Gastelo Charinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
**Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Marisell  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.302
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	15.80
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	13.30
Estabilidad (Kg)	1340
Relación Polvo Asfalto	2.19

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



*Juan Carlos Fierro Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2467	2463	2468	2460	2465	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3567.2	3563.0	3568.0	3560.0	3565.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	443	448	443	451	446	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.481</b>	<b>2.458</b>	<b>2.486</b>	<b>2.442</b>	<b>2.469</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.8	DISEÑO	

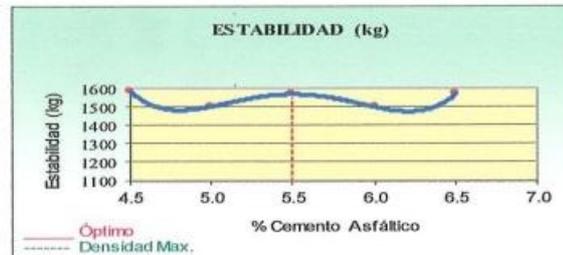
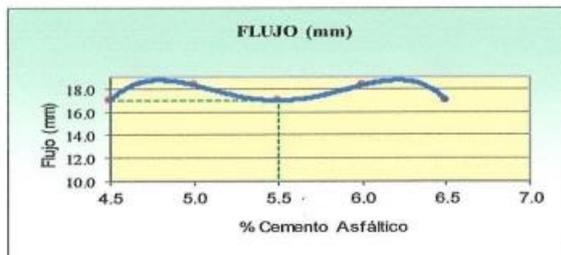
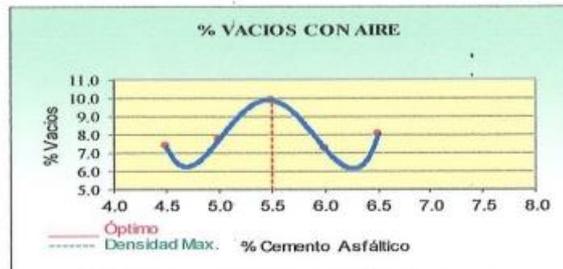
  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firpo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.220
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	20.00
Vacios Llenados de C.A (%)	70.00
Flujo (mm)	17.00
Estabilidad (Kg)	1550
Relación Polvo Asfalto	2.19

**Nota:** El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Marisell  
 Millones Chapoñán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	REMARKS
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2478	2476	2480	2470	2468	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3578.2	3576.0	3580.0	3570.0	3568.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	432	435	431	441	443	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.545	2.532	2.555	2.497	2.486	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.7	DISEÑO	

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

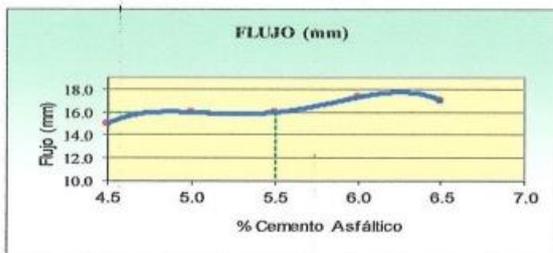
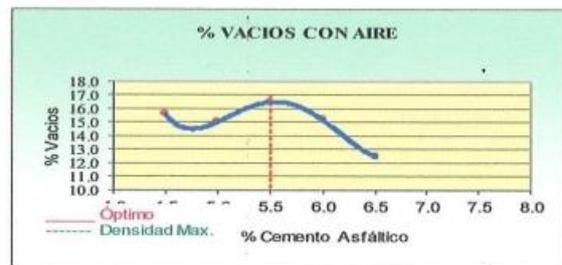


  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapoñán Mario



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.8
Peso Unitario (gr/cm2)	2.220
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	28.00
Vacios Llenados de C.A (%)	52.00
Flujo (mm)	16.00
Estabilidad (Kg)	1350
Relación Poivo Asfalto	2.22

**Nota:** El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firmo Ojeda Agesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA  
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

**DESCRIPCION** : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO- MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN"  
**MATERIAL** : CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO AL AGREGADO FINO  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**SOLICITANTE** : Angaspilco Llamo Mariseli  
 Millones Chapofán Mario

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	COMENTARIOS
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2488	2486	2480	2480	2476	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3588.2	3586.0	3580.0	3580.0	3576.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	422	425	431	431	435	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	<b>2.605</b>	<b>2.591</b>	<b>2.555</b>	<b>2.555</b>	<b>2.532</b>	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.B	DISEÑO	

  
 German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



  
 Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

## Anexo VIII Firma de jueces expertos

Colegiatura N° 77035

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Efraín Ordinola Luna	Gerente de desarrollo, proyecto e investigación - UCV	Prueba de Peso unitario, Vacíos, Flujo, Estabilidad y Rigidez	Angaspilco Llamo Mariseli Millones Chapoñán Mario
<b>Título de la Investigación:</b> Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación			

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

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

ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Peso unitario	A	CONFORME
Vacíos	A	CONFORME
Flujo	A	CONFORME
Estabilidad	A	CONFORME
Rigidez	A	CONFORME

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>								
1	Peso unitario	X		X		X		X	
2	Vacíos		X	X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	
5	Rigidez	X		X		X		X	

**Observaciones:**

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre la "Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación"

**Opinión de aplicabilidad:**

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir (    )
- No aplicable (    )

Apellidos y nombres del juez validador: EFRAIN ORDINOLA LUNA

Especialidad: Ingeniero Civil

  
Efraín Ordinola Luna  
INGENIERO CIVIL  
JUEZ CIP 77035  
Experto

**Colegiatura N° 161061**

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Oscar Severo Porro Portero	Gerente técnico Consultores & constructores RIBAB	Prueba de Peso unitario, Vacíos, Flujo, Estabilidad y Rigidez	Angaspilco Llamo Mariseli Millones Chapoñán Mario
<b>Título de la Investigación:</b> Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación			

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

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

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Peso unitario	A	CONFORME
Vacios	A	CONFORME
Flujo	A	CONFORME
Estabilidad	A	CONFORME
Rigidez	A	CONFORME

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

Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>								
1 Peso unitario	X		X		X		X	
2 Vacíos	X		X		X		X	
3 Flujo	X		X		X		X	
4 Estabilidad	X		X		X		X	
5 Rigidez	X		X		X		X	

**Observaciones:**

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre la "Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación"

**Opinión de aplicabilidad:**

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir ( )
- No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: OSCAR SEVERO PORRO PORTERO

Especialidad: Ingeniero Civil

  
  
Oscar Severo Porro Portero  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 181061  
ONI N° 4460048

---

Juez  
Experto

Colegiatura N°110771

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Jorge Jeremy Junior Reinoso Torres	Ingeniero Civil docente de Tecnología de los Materiales en la USS, UCV, UTP	Prueba de Peso unitario, Vacíos, Flujo, Estabilidad y Rigidez	Angaspilco Llamo Mariseli Millones Chapoñán Mario
<b>Título de la Investigación:</b> Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación			

II. Aspectos de validación de cada ítem

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

ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Peso unitario	A	CONFORME
Vacíos	A	CONFORME
Flujo	A	CONFORME
Estabilidad	A	CONFORME
Rigidez	A	CONFORME

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>								
1	Peso unitario	X		X			X	X	
2	Vacíos	X		X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	

**Observaciones:**

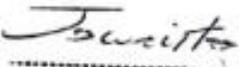
Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre la "Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación"

**Opinión de aplicabilidad:**

- Aplicable (  )
- Aplicable después de corregir (  )
- No aplicable (  )

**Apellidos y nombres del juez validador:** Jeremy Reinoso Torres

**Especialidad:** Ingeniero Civil

  
-----  
Jefe Jeremy Junior Reinoso Torres  
ING. CIVIL  
CIP 110771

---

Juez  
Experto

Colegiatura N° 69963

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Jose Miguel Berrú Camino	Residente de obra en Colegio estatal Juan Mejía Baca.	Prueba de Peso unitario, Vacíos, Flujo, Estabilidad y Rigidez	Angaspilco Llamo Mariseli Millones Chapoñán Mario
<b>Título de la Investigación:</b> Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación			

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

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

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Peso unitario	A	CONFORME
Vacíos	A	CONFORME
Flujo	A	CONFORME
Estabilidad	A	CONFORME
Rigidez	A	CONFORME

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

Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Mezcla asfáltica en caliente								
1 Peso unitario	X		X			X	X	
2 Vacíos		X	X		X		X	
3 Flujo	X		X		X		X	
4 Estabilidad	X		X		X		X	
5 Rigidez	X		X		X		X	

Observaciones:

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre la "Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación"

Opinión de aplicabilidad:

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir (    )
- No aplicable (    )

Apellidos y nombres del juez validador: José Miguel Berrú Camino

Especialidad: Ingeniero Civil



Juez  
Experto

Colegiatura N° 235575

**Ficha de validación según AIKEN**

**I. Datos generales**

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Victor Daniel Guevara Diaz	Ingeniero Especialista de Calidad en obra.	Prueba de Peso unitario, Vacíos, Flujo, Estabilidad y Rigidez	Angaspilco Llamo Mariseli Millones Chapoñán Mario
<b>Título de la Investigación:</b> Evaluación De Las Propiedades Fisico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación			

**II. Aspectos de validación de cada Item**

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

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
Peso unitario	A	CONFORME
Vacíos	A	CONFORME
Flujo	A	CONFORME
Estabilidad	A	CONFORME
Rigidez	A	CONFORME

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

	Dimensiones/Items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>								
1	Peso unitario	X		X		X		X	
2	Vacíos	X		X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	
5	Rigidez	X		X		X		X	

**Observaciones:**

Presenta Suficiencia el presente instrumento para ejecutar la investigación sobre la "Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación"

**Opinión de aplicabilidad:**

- Aplicable ( X )
- Aplicable después de corregir (    )
- No aplicable (    )

**Apellidos y nombres del juez validador: VICTOR DANIEL GUEVARA DIAZ**

**Especialidad: Ingeniero Civil**

  
VICTOR DANIEL GUEVARA DIAZ  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP, 235575

---

Juez  
Experto

## Anexo IX Fiabilidad Estadística

**Validez y Confiabilidad Del Instrumento Sobre La Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación**

**Claridad**

	Mezclas asfálticas				
	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rígidez
JUEZ 01	1	0	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	0	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

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

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

	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rígidez
(S)	5	3	5	5	5
(N)	5	5	5	5	5
(C)	2	2	2	2	2
V de Aiken	1	0.6	1	1	1

	Claridad
V de Aiken por criterio	0.92

**Contexto**

	Mezclas asfálticas				
	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rígidez
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rígidez
(S)	5	5	5	5	5
(N)	5	5	5	5	5
(C)	2	2	2	2	2
V de Aiken	1	1	1	1	1

	Contexto
V de Aiken por criterio	1

### Congruencia

	Mezclas asfálticas				
	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rigidez
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	0	1	1	1	1
JUEZ 04	0	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rigidez
(S)	3	5	5	5	5
(N)	5	5	5	5	5
(C)	2	2	2	2	2
V de Aiken	0.6	1	1	1	1

Congruencia	
V de Aiken por criterio	0.92

### Dominio del constructo

	Mezclas asfálticas				
	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rigidez
JUEZ 01	1	1	1	1	1
JUEZ 02	1	1	1	1	1
JUEZ 03	1	1	1	1	1
JUEZ 04	1	1	1	1	1
JUEZ 05	1	1	1	1	1

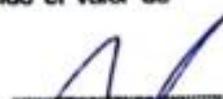
	Peso unitario	Vacios	Flujo	Estabilidad	Rigidez
(S)	5	5	5	5	5
(N)	5	5	5	5	5
(C)	2	2	2	2	2
V de Aiken	1	1	1	1	1

Dominio del constructo	
V de Aiken por criterio	1

### V de Aiken del cuestionario

V de Aiken	0.960
------------	-------

En las Tablas se observa que el instrumento utilizado para la investigación sobre la "Evaluación De Las Propiedades Físico-Mecánico De Mezclas Asfálticas, Añadiendo Ceniza De Cáscara De Arroz Como Aditivo Con Fines De Pavimentación" es válido (este coeficiente puede obtener valores de 0 a 1, a medida que va aumentando el valor de computado, el ítem tendrá una mayor validez de contenido)

  
Luis Arturo Monsiegró Canache  
LIC. ESTADÍSTICA  
MG. INVESTIGACIÓN  
DR. EDUCACIÓN  
COESPE 262

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE LA EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, AÑADIENDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ COMO ADITIVO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach  
basada em elementos

Alfa de Cronbach	estadarizados	N de elementos
.945	.990	75

**Estadísticas de total de elemento**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
TL_PESO_UNITARIO_CA_4.5	67672.3251	10811591.869	.734		945
TL_PESO_UNITARIO_CA_5.0	67672.3588	10811641.400	.527		945
TL_PESO_UNITARIO_CA_5.5	67672.3694	10811738.566	.341		945
TL_PESO_UNITARIO_CA_6.0	67672.3928	10811678.049	.561		945
TL_PESO_UNITARIO_CA_6.5	67672.4196	10811608.055	.639		945
TL_VACIOS_CA_4.5	67666.8238	10811248.056	.511		945
TL_VACIOS_CA_5.0	67666.4634	10810955.441	.586		945
TL_VACIOS_CA_5.5	67666.2945	10810938.639	.571		945
TL_VACIOS_CA_6.0	67666.1100	10811175.801	.477		945
TL_VACIOS_CA_6.5	67665.9410	10811255.416	.519		945
TL_FLUJO_CA_4.5	67661.6291	10807715.005	.700		945
TL_FLUJO_CA_5.0	67661.4291	10808042.996	.613		945
TL_FLUJO_CA_5.5	67661.2691	10807815.585	.597		945
TL_FLUJO_CA_6.0	67661.7804	10805481.489	.665		945
TL_FLUJO_CA_6.5	67660.7504	10807803.503	.551		945
TL_ESTABILIDAD_CA_4.5	66753.6604	10581916.823	.769		943
TL_ESTABILIDAD_CA_5.0	66793.7324	10668736.639	.802		944
TL_ESTABILIDAD_CA_5.5	66768.0844	10662793.625	.520		944
TL_ESTABILIDAD_CA_6.0	66819.9544	10448860.833	.851		943
TL_ESTABILIDAD_CA_6.5	66807.2531	10705378.229	.316		944
TL_RIGIDEZ_CA_4.5	64848.9718	9369256.322	.872		940
TL_RIGIDEZ_CA_5.0	64927.6855	9541790.298	.981		940
TL_RIGIDEZ_CA_5.5	64996.6516	9488061.847	.984		940
TL_RIGIDEZ_CA_6.0	65099.5307	9532637.891	.945		940
TL_RIGIDEZ_CA_6.5	65147.8860	9438674.434	.932		940

TM_PESO_UNITARIO_CA_4.5	67672.3297	10811677.859	.675	.945
TM_PESO_UNITARIO_CA_5.0	67672.3525	10811537.732	.728	.945
TM_PESO_UNITARIO_CA_5.5	67672.3629	10811516.028	.720	.945
TM_PESO_UNITARIO_CA_6.0	67672.3795	10811568.192	.734	.945
TM_PESO_UNITARIO_CA_6.5	67672.4012	10811707.076	.509	.945
TM_VACIOS_CA_4.5	67667.0503	10806386.204	.573	.945
TM_VACIOS_CA_5.0	67666.6671	10809683.939	.919	.945
TM_VACIOS_CA_5.5	67666.4238	10811235.801	.955	.945
TM_VACIOS_CA_6.0	67666.5312	10809843.616	.969	.945
TM_VACIOS_CA_6.5	67666.6300	10807848.647	.929	.945
TM_FLUJO_CA_4.5	67662.0357	10809490.851	.664	.945
TM_FLUJO_CA_5.0	67662.0794	10809809.657	.889	.945
TM_FLUJO_CA_5.5	67662.4687	10810046.791	.939	.945
TM_FLUJO_CA_6.0	67662.8444	10808359.227	.989	.945
TM_FLUJO_CA_6.5	67661.7106	10805815.509	.934	.945
TM_ESTABILIDAD_CA_4.5	66577.9932	10848113.825	.142	.946
TM_ESTABILIDAD_CA_5.0	66679.2724	10512856.428	.623	.943
TM_ESTABILIDAD_CA_5.5	66606.6931	10557550.285	.377	.944
TM_ESTABILIDAD_CA_6.0	66652.6751	10583297.715	.489	.944
TM_ESTABILIDAD_CA_6.5	66610.8253	10539413.205	.398	.944
TM_RIGIDEZ_CA_4.5	63738.0736	9676494.773	.943	.940
TM_RIGIDEZ_CA_5.0	63846.2285	9703154.218	.902	.941
TM_RIGIDEZ_CA_5.5	63938.6911	9822721.886	.898	.941
TM_RIGIDEZ_CA_6.0	64057.0368	9874348.525	.988	.940
TM_RIGIDEZ_CA_6.5	64152.6218	9978396.439	.965	.941
TP_PESO_UNITARIO_CA_4.5	67672.3866	10811474.806	.889	.945
TP_PESO_UNITARIO_CA_5.0	67672.3331	10811516.760	.811	.945
TP_PESO_UNITARIO_CA_5.5	67672.3467	10811513.182	.865	.945
TP_PESO_UNITARIO_CA_6.0	67672.3348	10811625.105	.829	.945
TP_PESO_UNITARIO_CA_6.5	67672.3824	10811557.183	.857	.945
TP_VACIOS_CA_4.5	67665.4111	10812182.104	-.010	.945
TP_VACIOS_CA_5.0	67666.4300	10808936.896	.098	.945
TP_VACIOS_CA_5.5	67665.1122	10816307.635	-.116	.945
TP_VACIOS_CA_6.0	67666.8638	10810619.881	.037	.945
TP_VACIOS_CA_6.5	67667.2511	10817611.788	-.185	.945
TP_FLUJO_CA_4.5	67659.3132	10805706.036	.693	.945
TP_FLUJO_CA_5.0	67659.5033	10805900.636	.653	.945
TP_FLUJO_CA_5.5	67659.8291	10806194.457	.617	.945
TP_FLUJO_CA_6.0	67660.1124	10806756.394	.547	.945
TP_FLUJO_CA_6.5	67660.3233	10807153.218	.521	.945
TP_ESTABILIDAD_CA_4.5	66299.6833	10812830.275	-.016	.946
TP_ESTABILIDAD_CA_5.0	66330.4384	10493275.364	.540	.943
TP_ESTABILIDAD_CA_5.5	66284.2792	10877584.383	-.115	.946
TP_ESTABILIDAD_CA_6.0	66332.5144	10435042.658	.669	.943
TP_ESTABILIDAD_CA_6.5	66257.6453	10473776.515	.579	.943

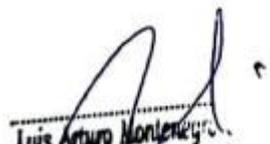
TP_RIGIDEZ_CA_4.5	63625.4802	9824030.085	.945	.	.941
TP_RIGIDEZ_CA_5.0	63808.6512	9594149.696	.822	.	.942
TP_RIGIDEZ_CA_5.5	63952.0144	9681581.617	.820	.	.941
TP_RIGIDEZ_CA_6.0	64065.0682	9556445.412	.816	.	.942
TP_RIGIDEZ_CA_6.5	64144.6784	9468793.261	.885	.	.941

### ANOVA

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig
Inter sujetos		576835.464	4	144158.866		
Intra sujetos	Entre elementos	669125169.53	74	9042232.021	1131.651	<.001
	Residuo	23651129.592	296	7990.303		
	Total	671490299.12	370	1814838.646		
Total		672066934.58	374	1796970.413		

Media global = 902.3284

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

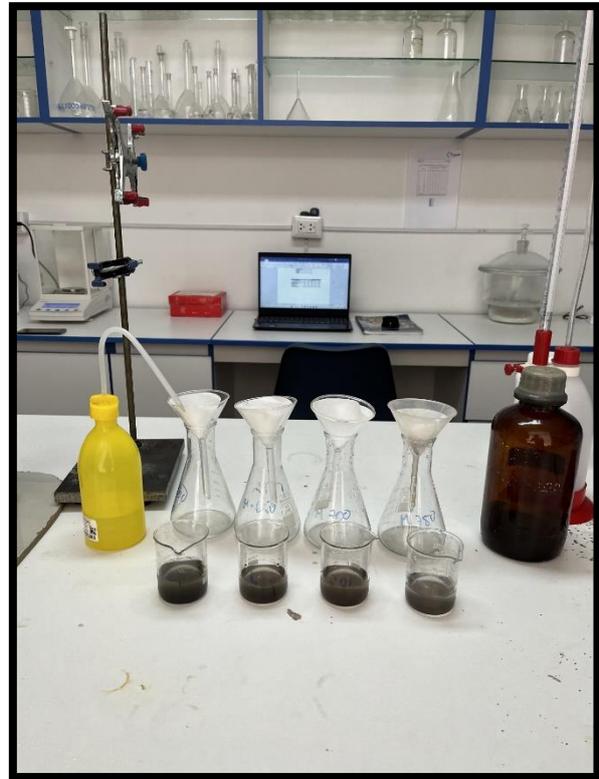
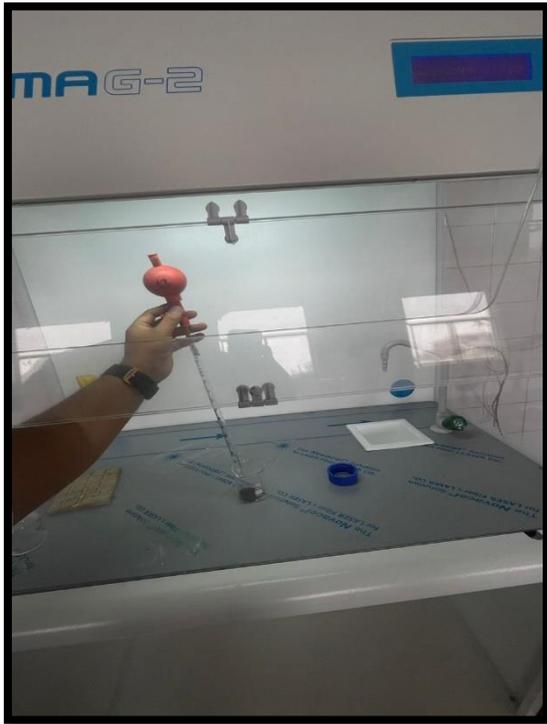
  
 Luis Arturo Montenegro  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 MG. INVESTIGACIÓN  
 DR. EDUCACIÓN  
 COESPE 262

## Anexo X Panel Fotográfico

Proceso de incineración de ceniza



# Ensayos físicos y químicos de la ceniza de cascara de arroz



## Ensayo equivalente de arena



## Ensayo de densidad y absorción del agregado grueso



## Ensayo contenido de humedad de los agregados



## Combinación de los agregados, ceniza de cáscara de arroz y líquido asfáltico.



Compactación de muestras de acuerdo al tipo de tránsito, un total de 225 briquetas



Ensayo en la prensa de Marshall

