



Universidad  
**Señor de Sipán**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Caracterización Mecánica De Una Mezcla Asfáltica  
Usando La Cal Hidratada Y El Polvo De Ladrillo Como  
Relleno Mineral**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO(A) CIVIL**

**Autores:**

Bach. Venegas Tello Dámaris  
<https://orcid.org/0000-0002-3433-176X>

Bach. Zuñiga Rodríguez Carlos Alberto  
<https://orcid.org/0000-0002-8935-7211>

**Asesor:**

**Mag. Salinas Vásquez Néstor Raúl**  
<https://orcid.org/0000-0001-5431-2737>

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2023**

**CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA  
CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL**

**Aprobación del jurado**

---

MAG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MAG. SALINAS VÁSQUEZ NÉSTOR RAÚL

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MAG. CHAVEZ COTRINA CARLOS OVIDIO

**Vocal del Jurado de Tesis**



Universidad  
**Señor de Sipán**

### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

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

#### **CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL**

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 (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Venegas Tello Dámaris	DNI: 75366083	
Zuñiga Rodríguez Carlos Alberto	DNI: 73266295	

Pimentel, 26 de noviembre de 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

**Caracterización Mecánica De Una Mezcla Asfáltica Usando La Cal Hidratada Y El Polvo De Ladrillo Com**

AUTOR

**Dámaris Venegas Tello**

RECuento DE PALABRAS

**12298 Words**

RECuento DE CARACTERES

**62186 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**58 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 8, 2023 6:53 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 8, 2023 6:54 AM GMT-5**

● **19% de similitud general**

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

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% 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



## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres Consuelo Tello Llanos y Reinerio Venegas Heredia, por enseñarme que en la vida no todo es diversión, sino también esfuerzo y dedicación, aprendiendo y valorando cada esfuerzo de ellos y siendo mi motivación para seguir, asimismo para mi amigo Juan Barturen Irene por ser mi motivación diaria y por la seguridad puesta en mi persona para obtener este destino tan anhelado, el cual es ser una gran Ingeniera Civil.

Dámaris Venegas Tello.

La presente investigación está destinada con todo mi corazón para mis padres Víctor Raúl Zuñiga Barrios y Elsa Rodríguez Rodríguez, quienes siempre me han inculcado desde pequeño a seguir los caminos del bien, gratitudes por sus prudentes consejos y por sus buenos valores. A mi hermano, que siempre ha estado presente en mi mente y corazón, sé que hoy ya no está conmigo, pero aun así lo estimo bastante.

Carlos Alberto Zuñiga Rodríguez.

## **Agradecimientos**

Principalmente, agradezco a Dios, por ser el dador de la vida y recordando siempre que sin él nada somos, por haberme cuidado en todo mi período universitario. A mis padres, por ser mi impulso para seguir progresando y por exteriorizarme que, con perseverancia y dedicación, todo lo que determino se puede lograr.

A mi amigo Alexis Lluncor, que desde un principio de la universidad me apoyo, estuvo ahí conmigo en mis mejores y peores momentos, y nunca perdió la confianza y la fe que lograría todas mis metas propuestas. Asimismo, a mi amigo Juan Barturen Irene que gracias a sus consejos y apoyo moral me hizo una persona de bien.

Dámaris Venegas Tello.

En primer lugar, agradezco a mis padres por su apoyo, paciencia y amor incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Y a mi abuelita quien fue parte de mi soporte en la vida para impulsarme siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Carlos Alberto Zuñiga Rodríguez.

## ÌNDICE

Dedicatoria.....	v
Agradecimientos .....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Resumen .....	xiv
Abstract.....	xv
I. INTRODUCCIÒN .....	13
1.1. Realidad Problemática.....	13
1.2. Formulación del problema. ....	18
1.3. Hipótesis.....	19
1.4. Objetivos .....	19
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	19
II.    MATERIALES Y MÉTODO. ....	28
2.1.    Tipo y diseño de Investigación. ....	28
2.2.    Variables y operacionalización. ....	29
2.3.    Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección .....	33
2.4.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	35
2.6.    Criterios éticos. ....	51
III.    RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
3.1    Resultados .....	52
3.2    Discusión .....	68
IV.    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
4.1    Conclusiones.....	72
4.2    Recomendaciones.....	73
REFERENCIAS .....	74
ANEXOS.....	80

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Clasificación de la mezcla.....	21
<b>Tabla II.</b> Causas y consecuencias de la falta de estabilidad .....	22
<b>Tabla III.</b> Causas y consecuencias de la disminución de durabilidad .....	23
<b>Tabla IV.</b> Factores y consecuencias de la absorción .....	23
<b>Tabla V.</b> Causas y consecuencias del déficit de trabajabilidad .....	24
<b>Tabla VI.</b> Causas y consecuencias de la escasa tenacidad a la fatiga.....	24
<b>Tabla VII.</b> Causas y consecuencias del déficit de resistencia a la traslación.....	24
<b>Tabla VIII.</b> Propiedades de la Cal hidratada.....	25
<b>Tabla IX.</b> Características físicas por medio de la granulometría.....	25
<b>Tabla X.</b> Operacionalización de variable dependiente .....	30
<b>Tabla XI.</b> Operacionalización de variable independiente: Cal hidratada.....	31
<b>Tabla XII.</b> Operacionalización de variable independiente: Polvo de ladrillo .....	32
<b>Tabla XIII.</b> Resumen de briquetas para mezclas asfálticas .....	33
<b>Tabla XIV.</b> Referencia de anotaciones técnicas a usar para la actual investigación.....	35
<b>Tabla XV.</b> Ensayos para los agregados .....	47
<b>Tabla XVI.</b> Características físicas de la cal hidratada y el polvo de ladrillo .....	52
<b>Tabla XVII.</b> Contenido de humedad del agregado fino y grueso .....	131
<b>Tabla XVIII.</b> Peso unitario suelto húmedo y seco de los agregados (fino y grueso) .....	132
<b>Tabla XIX.</b> Peso compactado húmedo y seco de los agregados fino y grueso .....	133
<b>Tabla XX.</b> Ensayo equivalente a la arena .....	134
<b>Tabla XXI.</b> Contenido de angularidad del agregado fino .....	135
<b>Tabla XXII.</b> Índice del límite líquido - plástico y plasticidad .....	136
<b>Tabla XXIII.</b> Ensayo de durabilidad (agregado fino) .....	138
<b>Tabla XXIV.</b> Ensayo de durabilidad (agregado grueso) .....	138
<b>Tabla XXV.</b> Sales solubles totales (agregado fino) .....	139
<b>Tabla XXVI.</b> Sales solubles totales (agregado grueso) .....	140
<b>Tabla XXVII.</b> Peso específico y absorción del agregado fino .....	141
<b>Tabla XXVIII.</b> Peso específico y absorción del agregado grueso .....	142
<b>Tabla XXIX.</b> Ensayo de abrasión (agregado grueso) .....	143
<b>Tabla XXX.</b> Adherencia (agregado grueso) .....	144
<b>Tabla XXXI.</b> Partículas chatas y alargadas (agregado grueso) .....	145
<b>Tabla XXXII.</b> 1 cara facturada (agregado grueso).....	146
<b>Tabla XXXIII.</b> 2 caras facturadas (agregado grueso) .....	146
<b>Tabla XXXIV.</b> Densidad del cemento tipo I .....	147
<b>Tabla XXXV.</b> Densidad de cal hidratada.....	148

<b>Tabla XXXVI.</b> Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica .....	148
<b>Tabla XXXVII.</b> Resultados obtenidos a través del ensayo del ASTM D 1559.....	151
<b>Tabla XXXVIII.</b> Requisitos del filler .....	153
<b>Tabla XXXIX.</b> Requisitos del filler .....	153
<b>Tabla XL.</b> Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica .....	154
<b>Tabla XLI.</b> Resultados obtenidos a través del ensayo del ASTM D 1559.....	157
<b>Tabla XLII.</b> Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica .....	158
<b>Tabla XLIII.</b> Resultados obtenidos a través del ensayo del ASTM D 1559.....	161
<b>Tabla XLIV.</b> Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica .....	162
<b>Tabla XLV.</b> Prueba de normalidad-estabilidad.....	166
<b>Tabla XLVI.</b> Prueba de normalidad-Flujo .....	167
<b>Tabla XLVII.</b> Prueba de homocedasticidad – flujo .....	167
<b>Tabla XLVIII.</b> Prueba de Games Howell – flujo .....	168
<b>Tabla XLIX.</b> Prueba de normalidad -% vacíos de aire.....	168
<b>Tabla L.</b> Prueba de normalidad -% vacíos en el agregado mineral.....	169
<b>Tabla LI.</b> Prueba de homocedasticidad -% vacíos en el agregado mineral .....	170
<b>Tabla LII.</b> ANOVA - % vacíos del agregado mineral .....	170
<b>Tabla LIII.</b> Prueba de Tukey - % Vacíos del agregado mineral .....	171
<b>Tabla LIV.</b> Prueba de normalidad – rigidez.....	171
<b>Tabla LV.</b> Prueba de homocedasticidad – rigidez.....	172
<b>Tabla LVI.</b> ANOVA – rigidez .....	172
<b>Tabla LVII.</b> Prueba de Tukey – rigidez.....	173

## Índice de figuras

<b>Fig. 1.</b> Diagrama de flujo de la caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando la cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral.....	38
<b>Fig. 2.</b> Diagrama de flujo de las características físicas de los adheridos.....	39
<b>Fig. 3.</b> Diagrama de flujo de las características físicas mecánicas de la mezcla asfáltica .....	39
<b>Fig. 4.</b> Diagrama de flujo de la caracterización físicas - mecánicas de la mezcla con cal hidratada.....	40
<b>Fig. 5.</b> Diagrama de flujo de la caracterización físicas - mecánicas de la mezcla asfáltica con polvo de ladrillo .....	41
<b>Fig. 6.</b> Adherido fino Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe.....	42
<b>Fig. 7.</b> Adherido grueso Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe.....	42
<b>Fig. 8.</b> Cal hidratada .....	43
<b>Fig. 9.</b> Agua destilada.....	43
<b>Fig. 10.</b> Cemento -Estructural Tipo I, Cemex Quisqueya .....	44
<b>Fig. 11.</b> Proceso de obtención del polvo de ladrillo .....	44
<b>Fig. 12.</b> Adquisición del pen 60/70, Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe .....	45
<b>Fig. 13.</b> Procedimiento del ensayo.....	46
<b>Fig. 14.</b> Relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón.....	53
<b>Fig. 15.</b> Relación de estabilidad vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón .....	53
<b>Fig. 16.</b> Relación de flujo vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón.....	54
<b>Fig. 17.</b> Índice de rigidez para la mezcla asfáltica patrón.....	55
<b>Fig. 18.</b> Relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón + modificada con cal.....	56
<b>Fig. 19.</b> Relación de estabilidad vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón + modificada con cal.....	57
<b>Fig. 20.</b> Relación de flujo vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón + modificada con la cal hidratada.....	58
<b>Fig. 21.</b> Índice de rigidez para la mezcla asfáltica patrón y modificada con cal hidratada .....	59
<b>Fig. 22.</b> Relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo .....	60
<b>Fig. 23.</b> Relación de la estabilidad vs % de vacíos del C.A para una mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo .....	61
<b>Fig. 24.</b> Relación de la estabilidad vs % de vacíos del C.A para una mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo .....	62

<b>Fig. 25.</b> Índice de rigidez para una mezcla asfáltica patrón + modificada de polvo de ladrillo .....	63
<b>Fig. 26.</b> Estabilidad para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo .....	64
<b>Fig. 27.</b> Flujo para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo .....	65
<b>Fig. 28.</b> % de vacíos con aire para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo .....	66
<b>Fig. 29.</b> % de vacíos en el agregado mineral para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo .....	67
<b>Fig. 30.</b> Factor de rigidez de la MAC-2 patrón y modificada con cal + P. ladrillo .....	68
<b>Fig. 31.</b> Curva granulométrica del agregado fino .....	129
<b>Fig. 32.</b> Curva granulométrica del agregado grueso .....	130
<b>Fig. 33.</b> Curva granulométrica combinada (agregado fino y grueso) .....	131
<b>Fig. 34.</b> Porcentaje de humedad .....	137
<b>Fig. 35.</b> Relación peso unitario vs % C.A para mezcla asfáltica convencional .....	149
<b>Fig. 36.</b> Relación de vacíos con aire % C.A para mezcla asfáltica convencional .....	149
<b>Fig. 37.</b> Relación % de vacíos de agregado mineral vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional .....	149
<b>Fig. 38.</b> Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional .....	150
<b>Fig. 39.</b> Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional .....	150
<b>Fig. 40.</b> Relación de estabilidad vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional .....	150
<b>Fig. 41.</b> Relación estabilidad y flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional .....	151
<b>Fig. 42.</b> Relación peso unitario vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	154
<b>Fig. 43.</b> Relación % de vacíos con aire vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	155
<b>Fig. 44.</b> Relación % de vacíos de agregado mineral vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	155
<b>Fig. 45.</b> Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	155
<b>Fig. 46.</b> Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	156
<b>Fig. 47.</b> Relación estabilidad vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	156
<b>Fig. 48.</b> Relación estabilidad de flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada .....	156
<b>Fig. 49.</b> Relación peso unitario vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo .....	158
<b>Fig. 50.</b> Relación % de vacíos con aire vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo .....	159

<b>Fig. 51.</b> Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo .....	159
<b>Fig. 52.</b> Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo .....	159
<b>Fig. 53.</b> Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo .....	160
<b>Fig. 54.</b> Relación estabilidad vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo.....	160
<b>Fig. 55.</b> Relación estabilidad de flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo .....	160
<b>Fig. 56.</b> Relación peso unitario vs % C.A. para mezcla asfáltica + Cal + polvo de ladrillo .....	162
<b>Fig. 57.</b> Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo.....	163
<b>Fig. 58.</b> Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo.....	163
<b>Fig. 59.</b> Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo.....	164
<b>Fig. 60.</b> Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo.....	164
<b>Fig. 61.</b> Relación estabilidad de flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo .....	165
<b>Fig. 62.</b> Factor de rigidez vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal+ polvo de ladrillo .....	165
<b>Fig. 63.</b> Adquisición de agregado fino Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe .....	184
<b>Fig. 64.</b> Adquisición de agregado grueso Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe .....	184
<b>Fig. 65.</b> Adquisición del pen 60/70, Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe .....	185
<b>Fig. 66.</b> Cemento -Estructural Tipo I, Cemex Quisqueya .....	185
<b>Fig. 67.</b> Agua destilada .....	186
<b>Fig. 68.</b> Cal hidratada .....	186
<b>Fig. 69.</b> Polvo de ladrillo .....	187
<b>Fig. 70.</b> Cuarteo del agregado fino y grueso .....	187
<b>Fig. 71.</b> Ensayo de granulometría agregado fino y grueso .....	188
<b>Fig. 72.</b> Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino .....	188
<b>Fig. 73.</b> Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso .....	189
<b>Fig. 74.</b> Ensayo para el límite líquido, plástico e índice de plasticidad del agregado fino .....	189
<b>Fig. 75.</b> Ensayo de contenido de humedad del agregado fino y grueso .....	190
<b>Fig. 76.</b> Densidad de cal y el polvo de ladrillo .....	190
<b>Fig. 77.</b> Contenido de humedad del polvo de ladrillo y cal .....	191
<b>Fig. 78.</b> Peso unitario suelto .....	191



<b>Fig. 79.</b> Peso unitario compactado.....	192
<b>Fig. 80.</b> Granulometría del polvo de ladrillo malla nº 200 .....	192
<b>Fig. 81.</b> Los agregados pasan a calentarse en el horno.....	193
<b>Fig. 82.</b> Incorporación los agregados fino y grueso + filler + pen y son pesados.....	193
<b>Fig. 83.</b> Preparación y mezclado uniforme de la mezcla en caliente .....	194
<b>Fig. 84.</b> 1º Aplicación del papel filtro para los moldes de las briquetas .....	194
<b>Fig. 85.</b> Incorporación de mezcla en la primera parte del molde .....	195
<b>Fig. 86.</b> Compactación con barra de acero (25 golpes).....	195
<b>Fig. 87.</b> 2º Aplicación del papel filtro para los moldes de las briquetas .....	196
<b>Fig. 88.</b> Compactación con 75 golpes para ambos lados de la briqueta.....	196
<b>Fig. 89.</b> Retiración de la briqueta para posterior secado a temperatura ambiente.....	197
<b>Fig. 90.</b> Muestras de briquetas para ser ensayadas .....	197
<b>Fig. 91.</b> Dimensionamiento de briquetas patrón + cal+ polvo de ladrillo.....	198
<b>Fig. 92.</b> Peso específico de briquetas patrón + cal+ polvo de ladrillo .....	198
<b>Fig. 93.</b> Muestras a inmersión a una temperatura de 60º C .....	199
<b>Fig. 94.</b> Colocación de las briquetas centrada en el segmento inferior de la mordaza .	199
<b>Fig. 95.</b> Medidor de flujo en su posición de uso, no olvidando que debe estar en cero	200
<b>Fig. 96.</b> Diseño de mezcla asfáltica, para ensayo Rice .....	200
<b>Fig. 97.</b> Ensayo Marshall (Estabilidad de flujo) .....	201
<b>Fig. 98.</b> Peso del matraz con agua destilada + cálculo de temperatura .....	201
<b>Fig. 99.</b> Peso del matraz con la muestra sin perder sin perder partículas .....	202
<b>Fig. 100.</b> Agitación del matraz manualmente y con una bomba de vacío por un periodo de 15 minutos .....	202
<b>Fig. 101.</b> Llenado del matraz con agua destilada, para obtener el peso calibrado, para obtener la temperatura adecuada .....	203

## Resumen

La exigencia naciente de incremento tecnológico, sustentable y eco amigable en la producción del asfalto, asimismo los resultados de cal hidratada y polvo de ladrillo adquiridos en las industrias, talleres o fabricas no son empleados de manera adecuada; manifestando la hipótesis de ¿Cómo influye el uso de cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica? En la presente investigación tiene como objetivo general determinar la influencia del uso de cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica. Este estudio experimental consideró adicionar a la mezcla asfáltica la cal hidratada a razón de 4%, 8%, 12%, y 16%, asimismo el polvo de ladrillo a razón de 4%, 7%, 10% y 13% como relleno mineral. Los resultados demostraron que se obtiene una mejora de las propiedades alcanzando un óptimo porcentaje de 8% de cal hidratada y el 10% para el polvo de ladrillo como relleno mineral, con un valor de flujo 10.5 mm, en relación con la estabilidad de flujo se obtuvo 3208.8 kg/cm, asimismo, 10.4 mm en flujo, ambas estabilidades alcanzaron el valor de 13 kn y 3256 kg/cm en relación a la estabilidad de flujo respectivamente. Concluyendo que la cal hidratada y polvo de ladrillo son viables para la producción del asfalto.

**Palabras claves:** Cal, mezcla, asfalto, polvo, ladrillo.

## **Abstract**

The emerging demand for technological, sustainable and eco-friendly increase in the production of asphalt, as well as the results of hydrated lime and brick dust acquired in industries, workshops or factories are not used in an adequate way; manifesting the hypothesis of How does the use of hydrated lime and brick dust as mineral filler influence the mechanical properties of an asphalt mixture? The general objective of this research is to determine the influence of the use of hydrated lime and brick dust as mineral filler on the mechanical properties of the asphalt mixture. This experimental study considered the addition of hydrated lime to the asphalt mix at 4%, 8%, 12%, and 16%, as well as brick dust at 4%, 7%, 10%, and 13% as mineral filler. The results showed that an improvement of the properties is obtained reaching an optimum percentage of 8% of hydrated lime and 10% for the brick powder as mineral filler, with a flow value of 10.5 mm, in relation to the flow stability 3208.8 kg/cm was obtained, also, 10.4 mm in flow, both stabilities reached the value of 13 kn and 3256 kg/cm in relation to the flow stability respectively. Concluding that hydrated lime and brick dust are viable for the production of asphalt.

**Key words:** Lime, mix, asphalt, powder, brick.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

El uso de cal hidratada y polvo de ladrillo se remonta a muchos años atrás y puede considerarse un reforzamiento habitual para el asfalto. [1] Existe una sucesión de aspectos científicos de este tipo de reforzamiento, no obstante, requieren de un incremento superior. [2] Asimismo, se mencionó que el uso en el proceso de asfaltado de mezclas bituminosas es considerado como una solución de ingeniería sostenible. [3]

En los últimos años, la cal hidratada ha superado una considerable estimación en las empresas de la construcción. [4] Los componentes de mezcla asfáltica con cal hidratada suelen ser más maleables y disminuyen las fisuras, aumentando la conducta en pavimentación. [5] La utilidad en cal incrementa las características mecánicas del asfalto, obteniendo una extraordinaria resistencia a la flexión, maleabilidad y obstaculiza la dispersión en fisuras. [6] Por lo general las superficies de las autopistas están asfaltadas, pero son habituales a la segregación. [7] La cal hidratada ha sido autorizada como un suplemento eficiente para incrementar las características mecánicas para la implantación de pavimento. [8]

Una percepción apropiada del funcionamiento al desgaste de la mezcla asfáltica nos posibilita considerar su sostenibilidad y efectividad a un periodo prolongado.[9] Por consiguiente, la cal hidratada y el polvo de ladrillo se usa como adición para incrementar la resistividad anti rotura. [10] Al añadir este tipo de adheridos al asfalto, sus propiedades cambian de frágiles a dúctiles. [11] Desde los postreros 40 años, investigadores de todo el mundo se han enfocado en este ámbito y han encontrado que la cal hidratada puede impartir gran parte de ventajas en las mezclas asfálticas. [12]

De igual manera, tomar en consideración que el elemento principal de la mezcla asfáltica son los componentes de carga minerales. [13] El polvo de ladrillo es uno de los componentes con efectividad para pavimento de asfalto ante estas dificultades, lo cual genera posibilidades para que los investigadores usen dicho elemento. [14]

A nivel nacional diversas investigaciones han sugerido un acrecentamiento de la existencia eficiente prevista del pavimento. [15] El relleno mineral tiene un papel importante. [16] La reconstrucción de pistas en nuestros tiempos se ha vuelto un requisito muy considerable para el avance de la comunidad, y de la nación. [17]

Actualmente las carreteras se demuestran muy deterioradas, abordando a culminar su vida útil posteriormente de un limitado años de uso. [18] Es por esta razón que se manifestó la decisión de que, gracias a sus características mecánicas, el asfalto elaborado con cal y polvo de ladrillo, demostrará un conveniente desarrollo de eficacia. [19] Por consiguiente, se adquiere facilitar a reconocer las características de las propiedades internas con la incorporación de cal y el polvo de ladrillo. [20] La elasticidad es una característica que logra adecuar a los establecimientos progresivos e inclinaciones de la subrasante sin originar deterioros permanentes. [21]

A nivel local, se tiene la necesidad de realizar diseños de mezclas asfálticas que compensen las temperaturas dadas con frecuencia que repercuten de forma directa en los pavimentos. [22] Asimismo, se deterioran tras las lluvias debido a daños permanentes en la capa asfáltica y a un mantenimiento inadecuado. [23]

En referencia a los estudios según Sen et al [24] en su investigación sobre la derivación de la capacidad de la cal hidratada y la fineza de las propiedades del asfalto. Se seleccionaron como componentes experimentales asfalto, granito y cal de malla 200, malla 300 y malla 400 con distintos contenidos de cal de 0 %, 3 %, 5 %, 8 %, 15 %, 20 % y 25 %, el método de elaboración fue el siguiente: el asfalto fue calentado a 150°C en el horno; después, la cal se adiciona progresivamente al asfalto; finalmente, el asfalto logró enfriarse posteriormente de incorporar durante 15 min con la mezcladora a una ligereza de 4000r/min. Se demostró que la adherencia del asfalto incremento con la cal, y el porcentaje óptimo fue un 8%.

Por otro lado, Khodaii et al [25] , Estudiaron el efecto de la cal en la saturación del asfalto. La mezcla se realiza según el método Marshall, con 75 golpes a ambos lados sobre

la briqueta, la capacidad óptima se estimó como la cuantía de cal proporcionada para la mejor consistencia y con un 4% de vacíos de aire. La capacidad establecida fue del 5,6% en volumen de mezcla. Con relación a los resultados alcanzados, se indicó una adición de 2 % de cal hidratada en las mezclas asfálticas ocasionando un incremento en la estimación admisible del 80 %. Según estimaciones de la AASHTO, el 80% esperado se consigue añadiendo a la mezcla un 1,5% de cal hidratada. Finalmente, se obtuvo el 80% de la correlación de resistividad a la tensión usando cal hidratada con un 1.5%.

En relación con el módulo de tracción implícito de las mezclas de cal y asfalto, Iwański [26], usó 4 porcentajes de cal de 0, 15, 30 y 45% en capacidad como sustituto fragmentario del saturado de piedra caliza. La influencia del volumen de cal hidratada en la capacidad de vacíos, patrón de consistencia a la tensión indirecta a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y la resistividad a la anomalía constante fue inquirido. Como conclusión de los ensayos se mostró que la cuantía del 30% era la capacidad excelente de cal hidratada

Kikut et al. [27], en su investigación referente al uso de cal hidratada en mezclas asfálticas. Se limitó una aplicación con modelos extraordinarios intercambiados con Proporciones de 0, 10, 15 y 20 % de Cal. Por lo genérico, la mezcla con máximo porcentaje de cal se estableció y alcanzó una composición variada. Se planteó usar un 0,96% de cal hidratada y un 3,84% de cal no viciada; este estudio se desliga del formato en que el componente dark top minoriza en un 20% en relación al aumento de la cal. Como conclusión el 20% se transforma en un 0,3% de la superior componente de cal hidratada.

Según León et al, [28], en su estudio de diseño de mezclas con asfalto, se efectuó la semejanza de las características mecánicas, en relación a la adhesión de cal hidratada en modo seco en proporciones verificadas de 1%; 1,5%; 2%; 2,5% y 3% en relación de la capacidad del adherido. Se aplicó el procedimiento Marshall con el propósito de conseguir una proporción excelente de asfalto y de cal. Se consiguieron en relación de las características Marshall, la consistencia de la composición asfáltica rectificada con cal hidratada al 1% incrementa el 26.18% de la mezcla usual.

Por otra parte, de acuerdo con Joohari [29] en su estudio se determinó las características mecánicas de la mezcla asfáltica utilizando polvo de ladrillo. Se elaboraron 15 muestras con distintos porcentajes (4%, 4,5%, 5%, 5,5% y 6%). El volumen óptimo alcanzado fue de 4,75% para asfalto permeable variado y 5,9% para asfalto usual. Después se evidenció el ensayo de Ahuellamiento para determinar el cumplimiento del asfalto luego de ser variado con polvo de arcilla y relacionado con una mezcla usual de asfalto permeable. La mezcla modificada demostró una grieta considerable de 2,2 mm en relación con la mezcla usual de 1,6 mm. Finalmente se mostró que las pruebas modificadas están más intactas y son aptas para tolerar elevadas temperaturas.

En referencia a ello Chang et al [30], emplearon puzolana volcánica natural en un 5%, 10%, 15% y polvo de ladrillo en un 10%. Como resultados se relacionaron los factores de resistividad alcanzados para el suelo arcilloso y las mezclas de 5% y 10% de polvo de ladrillo logrando una estimación de adherencia 1,15 kg/cm<sup>2</sup> con relatividad al suelo arcilloso y a las otras mezclas. No obstante, el ángulo de fricción minoriza con relatividad al suelo arcilloso, la resistividad al corte es considerable para los niveles de confinación examinados. Se concluye que el complemento de polvo de ladrillo con un 10% incrementa el proceder del suelo al reducir su índice de plasticidad, amplificando el índice de compactación y aumenta los factores geotécnicos.

Por otro lado, Wozzuk et al [31], en su investigación del polvo de ladrillo como relleno y su derivación sobre la durabilidad. Consideraron como prueba la metodología Marshall con las correlativas magnitudes: 63,5 mm de elevación y 101,6 mm de diámetro. Antes del desarrollo inicial, el molde se calentó a la temperatura de 140 °C; las pruebas para la verificación de vacíos de aire y módulo de rigidez se elaboraron con 75 golpes por cada lado. Se reemplazó el relleno tradicional por un 25% de desecho de ladrillo. El incremento del porcentaje de polvo de ladrillo produjo una disminución de la consistencia visible a 2380 kg/m<sup>3</sup> (50% y 75% de polvo de ladrillo), y más de 2370 kg/m<sup>3</sup> (100% relleno de ladrillo). Asimismo, la capacidad de vacíos de aire incrementó a 4,4 %, 4,6 % y 5,2 %, relativamente a la muestra

de referencia que fue de 3,7 %. Se sugiere que el polvo de ladrillo es capaz de emplearse como componente de relleno, con respecto al relleno mineral del asfalto.

Con respecto al relleno mineral del asfalto Wagaw et al [32], en su investigación de importancia de la producción del polvo de ladrillo como componente de relleno, se proporcionaron diversos especímenes de mezcla asfáltica caliente de acorde a la norma ASTM D 1559 empleando una composición de adheridos con relleno para ladrillos y una mezcla de agregados sin relleno para ladrillos. Para adherido compuesto sin ladrillo 32%, 23% y 45% para Agregado mezclado con relleno de ladrillo 30%, 18%, 45%. Las derivaciones de los ensayos Marshall de diseño de mezclas indicaron eficaces en el momento que se mezcló asfalto caliente con estos rellenos de ladrillos; las muestras conjuntas con relleno de ladrillo de plomo originan una mezcla asfáltica con alta estabilidad Marshall, menor flujo y menos vacíos llenos de asfalto. Finalmente se demostró un óptimo contenido del 18 % de polvo de ladrillo.

Por otro lado, Ramos et al [32], en su investigación referente a la conducta físico y mecánico de la composición del asfalto, se usó cemento asfáltico 60/70, en proporciones de: (0, 1, 1.5 y 3% de cal); empleando el procedimiento Marshall, como derivaciones porcentuales la mezcla de 40% de agregado grueso, fino 60%, el volumen de vacíos mengua con la proporción superior de cal hidratada al 1% en 7.50%, la consistencia de la mezcla se aumenta en 0.62% para la caracterización mecánica; la estabilidad aumenta en 4.6%, flujo 2.33%; más que el patrón 0%, para la prueba de inmersión – tensión, el factor de resistencia retenida en relación del diseño patrón y rectificado muestra un aumento del 10.43%, finalizando una incremento en la capacidad de vacíos, consistencia, deformación y un aumento en los esfuerzos máximos.

Asimismo, Quispe [20] , en su investigación del desempeño de mezclas asfálticas convencional y con cal hidratada exhibidos a saturación, las muestras de mezcla con el complemento de filler de cal hidratada son de 6.30 %, 12.23 % y 14.69 %, como resultado estos valores son inferiores a las que se obtienen de las muestras de mezcla convencional



con 7.24 %, 13.40 % y 15.78 % a los 1, 3 y 6 ciclos de acondicionamiento respectivamente, además la adición de filler de cal provocó en aumento del 24.54 % en la resistencia. Se puede concluir que la adición del filler de cal, favorece a la disminución de fallas por fatiga térmica originadas por los cambios cíclicos de temperatura.

De manera similar Valera [33] , evaluó el efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo, efectuaron 18 briquetas (3 por cada cambio porcentual) modificando la proporción de polvo sobre el porcentaje de mezcla del 2% alcanzado en la elaboración. Las proporciones aplicadas con la relación cal – ladrillo fueron 80% - 20%, 60% - 40%, 50 - 50%, 40% - 60%, 20% - 80% y 100% polvo de ladrillo. Estas fueron experimentadas por Marshall para ver qué porcentaje de la mezcla funcionaba bien y comparar las mezclas tradicionales y las mejoradas. De las derivaciones alcanzadas se logra establecer que la sustitución de la cal hidratada como relleno de polvo de ladrillo no afecta a la capacidad óptima de la mezcla asfáltica, ya que alcanza un 5.7% al equivalente del diseño base elaborado con cal. Finalmente, el uso de cal en lugar de polvo de ladrillo como árido no afecta negativamente a la capacidad óptima.

Es por ello por lo que, este trabajo se ejecuta con el propósito de determinar las características físico-mecánicas del asfalto, examinando la viabilidad de usar componentes como la cal y el polvo de ladrillo como relleno mineral, y de este modo alcanzar un asfalto con mejores propiedades mecánicas, pues en el ámbito de Ingeniería Civil, resulta ser sugestivo e innovador la incorporación de estos recursos. Al emplear la cal hidratada y polvo de ladrillo, tendrá una mejora e incremento en los agregados naturales, obteniendo así ser más eco amigable con el medio ambiente, favoreciendo a reducir el impacto ambiental.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cómo influye el uso de cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica?

### **1.3. Hipótesis**

El uso de cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral influye significativamente en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

### **1.4. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar la influencia del uso de cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica.

#### **Objetivos específicos**

- OE1: Identificar las características físicas de la cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral para su uso idóneo en la mezcla asfáltica.
- OE2: Determinar las características mecánicas de la mezcla asfáltica patrón.
- OE3: Analizar la experimentación de la adición de cal hidratada en 4%, 8%, 12% y 16% para obtener el % óptimo que mejore las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica modificada.
- OE4: Analizar la experimentación de la adición del polvo de ladrillo en 4%, 7%, 10% y 13% para obtener el % óptimo que mejore las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica modificada.
- OE5: Determinar el porcentaje óptimo de la combinación de cal hidratada y polvo de ladrillo a partir del análisis estadístico inferencial, que demuestra la mejora de las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica modificada.

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

**Descripción del Pavimento.** Es una estructura compuesta por una sucesión de incorporación de capas, que se esquematizan y establecen considerando distintas metodologías, normas y especificaciones técnicas para elementos aptos, que se imponen a

distintas técnicas constructivas con la finalidad de alcanzar un área eficaz demostrando rigidez y durabilidad imprescindible para el tránsito vehicular. [34]

**Definición del Asfalto.** El asfalto es uno de los mecanismos de pavimentación más habituales del siglo, sin embargo, no siempre se elabora de la misma modalidad. Existen dos alternativas: la composición asfáltica en caliente y en frío. [35]

**Clasificación de Mezclas Asfálticas.** Para la caracterización, hay que ver algunos límites para obtener las distinciones de las mezclas. [36]

a) Partes de agregados. La arcilla negra (polvo mineral) debe cribar en mezcla (completamente fino a pesar de la arcilla), luego en hormigón oscuro (absolutamente grueso a pesar del mortero) y por último en macadán (absolutamente grueso a pesar de la lámina oscura).

b) Control de la temperatura. Para las mezclas calientes, se deberán alcanzar temperaturas superiores a 150°C. El control de la temperatura para las mezclas oscuras frías, que será retratado por la consistencia de la cobertura por encima de 150°C, dependerá de la consistencia de la cobertura.

c) Porcentaje de vacíos. Esta estimación se utilizará para la prueba evaluada como mezcla cerrada para la situación en que su nivel de vacío no supere el 6% o mezclas semicerradas para la situación en que su nivel de vacío no supere el 6% o mezclas semicerradas para la situación en que su nivel de vacío no supere del 6% al 10%.

d) Tamaño del árido grueso. Una mezcla gruesa es considerada como tal cuando la mayor granulometría no supere un aproximado de 10mm y para los áridos delgados se compondrá de fragmentos finos que recuerden acumulaciones minerales para su expansión a la cubierta oscura.

e) Diseño del árido. Las estructuras que presentan un esqueleto mineral disminuido, el inconveniente de los totales a través del tipo de conducta de los totales áridos de mayor

grosor es contundente y para las combinaciones que no presentan un esqueleto mineral será por la asociación de la arcilla.

f) En su granulometría. Las mezclas son una extensión ideal de la corriente de tamaño de molécula de las sumas gruesas y las mezclas rotas serán una dispersión restringida del tamaño de las moléculas de las sumas gruesas. Según Gurunath et al [37] , lo resumen en:

**Tabla I.**  
Clasificación de la mezcla.

<b>Agrupación de límites</b>	<b>Tipo de mezcla</b>
Fragmentos de adherido	Masa Black-top
	Cemento Black-top
	Mezcla asfáltica
	Macadam negro
Temperatura de la mezcla	En Frío
	En Caliente
Proporción de vacíos	Cerradas < 6% vacíos
	Semicerradas si el 6% < vacíos < 12%
	Abiertas si es >12% vacíos
	Permeables si es > 20% vacíos
Mayor volumen considerable	Árido grueso T Max.>10 mm
	Árido fino T Max. <10mm

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. Asphalt Institute [38]

**Características de las Mezclas bituminosas.** Se señaló las cualidades de la academia del Asfalto en su Orden de Manuales N.º 22 El origen de la preparación de mezclas bituminosas en caliente según el libro [38] :

a) Estabilidad. Volumen de la tapa negra mate para soportar el deterioro bajo las aglomeraciones de tráfico y el conflicto con la expulsión, y depende del deterioro y la obsesión interior.

- b) Durabilidad. Está asociada a la limitación de la parte superior oscura para responder con el medio y para evitar que la parte superior oscura se aíse del agregado.
- c) Impermeabilidad. Es el seguro contra el segmento de aire y agua.
- d) Trabajabilidad. Se trata de la facilidad con la que es capaz de poner y solidificar una mezcla de limpieza.
- e) Flexibilidad. Es la cualidad de una mezcla de limpieza de obligar, sin romper, el giro consistente y el asentamiento de la subrasante.
- f) Obstrucción por fatiga. La seguridad contra el ahuecamiento mantenido bajo cargas de tráfico.
- G) Oposición al movimiento. El volumen de un área para limitar la traslación de las ruedas de los automóviles, especialmente cuando el área se halla humedecida.

**Tabla II.**

Causas y consecuencias de la falta de estabilidad

<b>Escasa estabilidad</b>	
<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>
Contenido excesivo de aglomerado en la mezcla	Ondulaciones, roderas y surcos o rezagos
Acumulación excesiva de partículas de escoria de dimensión intermedio en la mezcla	Disminución de firmeza durante la compactación y algún lapso después; problema de compactación
Adherido elíptico con poca o ninguna superficie triturada	Ahuellamiento y canalización

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. [39]

**Tabla III.**

Causas y consecuencias de la disminución de durabilidad

<b>Escasez de durabilidad</b>	
<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>
Escasa sustancia de la mezcla asfáltica	Rápida solidificación y deterioro por infortunio total
Alta cantidad de vacíos debido al plan o a la ausencia de compactación	Solidificación temprana, seguida de rotura o desmoronamiento
Agregados impotentes al agua (hidrofílicos)	Separación del adherido dimitiendo un asfalto bien agotado o desmenuzado

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. [39]

**Tabla IV.**

Factores y consecuencias de la absorción

<b>Mezcla excesivamente penetrable</b>	
<b>Factores</b>	<b>Consecuencias</b>
Poca sustancia de asfalto	Causarán la maduración temprana y la ruptura de la composición.
Alta sustancia de vacíos en la mezcla	El agua y el aire son capaces de ingresar sin duda en el asfalto, originando la oxidación y el desmoronamiento.
Una compactación deficiente	Provocará altos vacíos en el asfalto, lo que provocará la penetración de agua y una baja persistencia.

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. [39]

**Tabla V.**

Causas y consecuencias del déficit de trabajabilidad

<b>Déficit de trabajabilidad</b>	
<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>
Mayor tamaño de las moléculas: enorme	Una superficie rugosa, difícil de colocar
Un exceso de adherido grueso	Puede ser difícil de reducir al mínimo
Temperatura de la mezcla demasiado baja	Mezcla no recubierta, ineficazmente sólida; superficie áspera, difícil de minimizar
Un exceso de arena de medida media	La mezcla se desplaza bajo el compactador y se mantiene delicada del todo

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. [39]

**Tabla VI.**

Causas y consecuencias de la escasa tenacidad a la fatiga

<b>Pésima tenacidad a la fatiga</b>	
<b>Antecedentes</b>	<b>Consecuencias</b>
Poca sustancia del black-top	Rotura por fatiga
Elevados vacíos	Vencimiento prematuro del black-top, seguido de rotura por cansancio
Ausencia de compactación	Maduración temprana del black-top, seguida de rotura por cansancio
Falta de espesor del asfalto	Demasiada desviación seguida de rotura por desgaste

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. [39]

**Tabla VII.**

Causas y consecuencias del déficit de resistencia a la traslación

<b>Déficit de resistencia al deslizamiento</b>	
<b>Factores</b>	<b>Consecuencias</b>
Demasiado asfalto	Absorción, insuficiente capacidad de deslizamiento
Adherido con mala graduación o pobremente texturizado	Pavimento uniforme, posibilidad de hidropilano
Pavimento uniforme, posibilidad de hidropilano	Falta de capacidad de deslizamiento

Nota. Parámetros de elaboración de pavimentos. [39]

**Agregado mineral.** Se caracteriza como Relleno Mineral (Filler) a la porción la cual atraviesa por el tamiz de 0,075 mm según indica la Norma IRAM 1501. El relleno es capaz de surgir de los totales de piedra o suele ser un relleno de compromiso, caracterizando a los que no proceden de los constituyentes finos de los totales de piedra, durante el método involucrado con la confección de la mezcla. [40]

### Tipos de relleno mineral

**A. Cal Hidratada.** Es un componente de las sustancias llamadas herrumbre de cal, que es la derivación de la torrefacción de la piedra caliza, en el que se expande un nivel de agua, que se llama cal hidratada o cal apagada. [41] Características de la Cal Hidratada, según los lineamientos de la NTP 334.131.2018.

**Tabla VIII.**

Propiedades de la Cal hidratada

Propiedades físicas	Delimitación	Reseña
Apariencia	Cumple acorde al indicativo NTP 334.131.2018.	
Tamaño de partícula pasante		NTP
Tamaño de malla 0,600 mm	Conforme a la NTP 334.131.2018 de referencia.	334.131.2018
0,900 mm de tamaño de malla		

Nota. Características de la Cal Hidratada, según los parámetros de la NTP 334.131.2018.

**Tabla IX.**

Características físicas por medio de la granulometría

Cal hidratada	Granulometría
Contenido en 100 mallas	Máximo. 10%
Contenido en 200 puntos de malla	Máximo. 4%
Contenido en 325 puntos de malla	Máximo 2%
Parte inferior (malla 325)	Mínimo 85%

Nota. Propiedades físicas en relación a la granulometría, obtenida de químicos industriales asociados.



**B. Polvo de ladrillo.** se caracteriza por ser un componente terminado de arcilla o de tierra que se utiliza en la urbanización y en los revestimientos. [42] Según la Norma E.070 del R.N.E. Se caracteriza como: Una unidad de trabajo de piedra que se atiende con una sola mano.

#### **Propiedades mecánicas del ladrillo:**

a) Presión de compresión. Esta propiedad nos permite no sólo localizar la obstrucción del componente primario, sino que por implicación nos permite evaluar diferentes propiedades de los bloques (NTP. 399.613, 2005). Esto no está grabado en piedra por:

- La naturaleza de la ayuda de obra en el progreso.

- La protección de las ansias de compresión de los bloques o los bloques. Geometría de las unidades de obra.

- La naturaleza del mortero utilizado en la colocación de los bloques en los muros de obra. b) Resistencia a la tracción. El valor nominal de la protección contra la tensión de flexión se evalúa como un componente de distorsión, ya que esta propiedad por implicación estima la rigidez por presión de flexión, (NTP. 399.613).

#### **Propiedades reales de los bloques**

a) Variedad dimensional. Permite decidir de aquí en adelante cuál será el grosor de la junta uniforme en el momento de colocar el bloque para el desarrollo del muro de obra.

b) Deformación. La prueba de deformación es vital de realizar, ya que permite decidir el ancho de la junta de mortero.

c) Absorción. Se caracteriza como la proporción de la impermeabilidad de una unidad de obra de ladrillo, que no debe superar el 22%.

d) Succión. Esta propiedad se caracteriza como la proporción de la velocidad subyacente aludida a la retención en la cara inferior del ladrillo.

e) Densidad. Cuanto mayor sea el espesor, la resistencia mecánica de los bloques mejorará, así como la variedad de capas de los bloques será mínima.

f) Eflorescencia. Esta propiedad se caracteriza como una peculiaridad ante la presencia de polvo blanquecino a la luz de las sales disolubles, que debe ser visible en la capa exterior de las paredes de la obra.

## II. MATERIALES Y MÉTODO.

### 2.1. Tipo y diseño de Investigación.

**Tipo de investigación.** La investigación es de tipo aplicada, porque tiene la finalidad de usar todo el requerimiento con el que se acondiciona y de este modo establecer recientes metodologías y conocimientos, para originar innovaciones. [43] Este estudio consta de derivaciones con mayor notoriedad, estos son identificados de manera universal [44]. De este modo se puntualiza este tipo de estudio, debido a que el propósito es estimar un manejo práctico para elaborar la mezcla asfáltica con cal y el polvo de ladrillo.

Asimismo, el planteamiento cuantitativo emplea la recopilación de la investigación de los datos para justificar las teorías determinadas y fiarse en los datos del conteo, la medida numérica y la utilización estadística para procurar implantar con regularidad modelos en una delimitada localidad. [45]

**Diseño de la investigación.** El plan de exploración, correspondiente al tema presentado, es una investigación cuasi experimental. En este tipo de estudio se registra ciertas variables para evidenciar el resultado de otras variables, contrastando los antecedentes, alcances y derivaciones del conjunto práctico y de revisión. [45] En este estudio se utilizará polvo de ladrillo y cal hidratada (variable independiente) logrando una combinación mineral de una mezcla asfáltica y sus componentes. (variable dependiente).

G <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	G <sub>6</sub>	X <sub>5</sub>	O <sub>8</sub>
G <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	G <sub>7</sub>	X <sub>6</sub>	O <sub>9</sub>
G <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	G <sub>8</sub>	X <sub>7</sub>	O <sub>10</sub>
G <sub>4</sub>	X <sub>4</sub>	O <sub>4</sub>	G <sub>9</sub>	X <sub>8</sub>	O <sub>11</sub>
G <sub>5</sub>	---	O <sub>5</sub>	G <sub>10</sub>	---	O <sub>12</sub>

- G<sub>1,2,3,4</sub>: Grupos experimentales compuestos por 80 muestras.
- G<sub>6,7,8,9</sub>: Grupos experimentales compuestos por 64 muestras.
- G<sub>5</sub>: Grupo control conformado por 16 muestras

- $X_{1,2,3,4}$ : Tratamiento del grupo experimental que constituye la adición de cal como relleno mineral, dónde:  $X_1= 4\%cal$ ,  $X_2= 8\%cal$ ,  $X_3= 12\%cal$ ,  $X_4 = 16\%cal$ .
- $X_{5,6,7,8}$ : Tratamiento del grupo experimental que constituye la adición de polvo de ladrillo como relleno mineral, dónde:  $X_5= 4\%polvo$  de ladrillo,  $X_6= 7\%polvo$  de ladrillo,  $X_7= 10\%polvo$  de ladrillo,  $X_8 = 13\%polvo$  de ladrillo.
- ---: No se sustituye cal ni polvo de ladrillo.
- $O_{1,2,3,4}$ : Observación aplicada a las variables independientes, asfalto con cal.
- $O_5$ : Observación aplicada a la variable dependiente, asfalto sin cal ni polvo de ladrillo.
- $O_{8,9,10,11}$ : Observación aplicada a las variables independientes, asfalto con polvo de ladrillo.

## **2.2. Variables y operacionalización.**

Coexisten dos agrupaciones, entre ellas destacan la variable independiente la cual se identifica siendo un elemento o mecanismo que opera el examinador comprobar las consecuencias que origina además de otra variable de estudio, en cuestión de la variable dependiente es la que está definitiva por otro anómalo, asimismo se logra delimitar como la derivación o resultado de la investigación. [46] Para el actual estudio, se presenta las consecutivas variables:

- Variable Independiente: Utilización de cal hidratada y polvo de ladrillo como rellenos minerales.
- Variante Dependiente: Propiedades físico-mecánicas de una mezcla asfáltica.

**Tabla X.**

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-mecánicas de una mezcla asfáltica	Es uno de los componentes de pavimentación más habituales del siglo, sin embargo, no siempre se elabora de la misma modalidad. Existen dos alternativas: la mezcla asfáltica en caliente y frío. En este caso se usó la mezcla en caliente [45].	Se evaluará en relación a la observación y pruebas, las propiedades de la consecuencia final en producción de asfalto.	Propiedades físicas de la mezcla asfáltica	-peso unitario	gr/m <sup>3</sup>	Observación y revisión documental – Cédulas de observación y mecanismos de laboratorio.	%	Variable numérica	De razón
				-Vacíos de aire	%				
				-Vacíos del agregado mineral	%				
			-Vacíos llenos de asfalto	%					
			-Estabilidad	kg					
			-Flujo	mm					
			Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica	-Rigidez	Kg/cm				

**Tabla XI.**

Operacionalización de variable independiente: Cal hidratada

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Cal hidratada	Es un componente de las sustancias llamadas óxido de calcio, en el que se expande un nivel de agua, que se llama cal hidratada o cal apagada [46].	Se estimará la elaboración de briquetas de asfalto, un espécimen sin adición de cal, después se añadirá cuatro proporciones como relleno mineral.	Características físicas	Peso unitario	Kg/ m <sup>3</sup>	Observación Revisión documentaria Material para ensayos de la mecánica del suelo Equipamiento de laboratorio. Agenda de apuntes.	%	Variable numérica	De razón
				suelto y compactado					
				Contenido de humedad	%				
			Densidad	gr/cm <sup>3</sup>					
			Dosificaciones	4% 8% 12% 16%					

**Tabla XII.**

Operacionalización de variable independiente: Polvo de ladrillo

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Polvo de ladrillo	Ladrillo natural en forma de polvo, se empleó el ladrillo King Kong de 18 huecos.	Se estimará la elaboración de briquetas de asfalto, un espécimen sin adición de polvo de ladrillo, después se añadirá cuatro proporciones como relleno mineral.	Características físicas	Peso unitario suelto y compactado	Kg/m <sup>3</sup>	Observación Revisión documentaria Material para ensayos de la mecánica del suelo Equipamiento de laboratorio. Agenda de apuntes.	%	Variable numérica	De razón
		Contenido de humedad		%					
			Dosificaciones	Densidad	gr/cm <sup>3</sup>				
				4%					
				7%		Kg			
				10%					
				13%					

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

Corresponde a un vínculo de factores, exhibiendo particularidades frecuentes en relación con la investigación. [47] En esta tesis la población transige todos los ejemplares de asfalto que incluyen los diseños de mezcla, las propias que están ensayadas en briquetas, para calcular la rigidez del asfalto al ser experimentados. En el caso del espécimen está determinado como un fragmento de la población, que interviene en particularidades de importancia para la investigación.

**Población.** Se delimita como el conjunto de componentes con particularidades análogas de las cuales se manejarán como componentes de muestras. [47] En este estudio abarca la elaboración de briquetas con cuantías de filler-cemento asfáltico con un PEN 60/70, la proporción de especímenes se establecerá en relación a la cuantía de proporciones que se añadieran a las ejemplares, en correlación al manual y reglamento.

**Muestra.** Es un subconjunto característico y limitado que permite que la población sea asequible. [47] Constituida por muestras de mezclas para tráfico pesado, en las cuales están los especímenes habituales y las transformadas con cal y polvo de ladrillo por independiente y con la composición de ambos.

**Tabla XIII.**

Resumen de briquetas para mezclas asfálticas

<b>Diseño de mezclas asfálticas (asfalto 60/70)</b>	
<b>Mezcla asfáltica convencional-Grupo de control</b>	<b># de briquetas</b>
Diseño patrón – método Marshall	16
<b>Mezcla asfáltica modificada 1-Grupo experimental</b>	
%óptimo de asfalto + 4% de cal hidratada	16
%óptimo de asfalto + 8% de cal hidratada	16
%óptimo de asfalto + 12% de cal hidratada	16
%óptimo de asfalto + 16% de cal hidratada	16



<b>Mezcla asfáltica modificada 2-Grupo experimental</b>	
%óptimo de asfalto + 4% de polvo de ladrillo	16
%óptimo de asfalto + 7% de polvo de ladrillo	16
%óptimo de asfalto + 10% de polvo de ladrillo	16
%óptimo de asfalto + 13% de polvo de ladrillo	16
<b>Mezcla asfáltica modificada 3-Grupo experimental</b>	
%óptimo de asfalto + % óptimo de cal hidratada+ %óptimo de polvo de ladrillo	16
<b>Σ BRIQUETAS</b>	<b>160</b>

Nota. Elaboración propia

**Muestreo.** El muestreo hace alusión a las componentes que estarán ensayadas asumiendo una población que ya ha sido determinada, y se fragmenta en muestreo probabilístico y no probabilístico. [48]

En esta tesis se utiliza un muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, pues es el método de elección que aprueba los componentes de la población [49], alcancen ser estimados en el prototipo, en esta investigación cada briqueta posee la propia probabilidad de ser electos para establecer las características físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica.

**Criterios de selección.** Son aquellos que detallan las particularidades que la población debe obtener se designan razonamientos de elegibilidad. [50] En esta investigación se consideraron los siguientes criterios:

**Criterios de inclusión.** El área de estudio fue limitada, se asumió que todos los componentes que eran del área de Lambayecana y solo se consideraron muestras que contenían cal y polvo de ladrillo como agregados minerales. [50]

**Criterios de exclusión.** Se excluyeron los componentes de la región distinta Lambayecana, y también aquellas muestras que no contenían cal y polvo de ladrillo como agregado mineral. [50]

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

**Observación.** Es un procedimiento esencial del régimen científico, dónde el observador contempla cierto anómalo y subsiguientemente lo reconoce en las indicaciones consiguientes, este modo se concibe precedentemente de que la investigación se ejecute, para establecer los elementos que ejercen intrínsecamente de un definitivo argumento. [50]

A través de esta técnica se ha llegado a alcanzar estimar las circunstancias de contaminación en la ciudad de Chiclayo. Valiendo esta problemática se ha resultado a manejar los elementos para la fabricación de mezcla, transportando a laboratorio con el propósito de ser examinados, y así adquirir derivaciones generales, los propios que estarán inscritos y resueltos en sus concernientes formatos.

**Revisión documentaria.** Este paso consiste examinar los datos pasados, para alternar cómo el actual estudio es concerniente con la bibliografía, en tal modo la comprobación debe ser selecta ajustándose en el argumento que es de nuestro interés. [51]

Para esta propuesta, se evaluaron diferentes exploraciones, inferidas a través de artículos, libros, normativas y lineamientos actuales públicos y mundiales que sean claros y que favorezcan la fundamentación que se está exponiendo.

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

**Fichas de observación.** Corresponde a las conformaciones o fichas técnicas adecuadas al laboratorio de ensayos LEMS W&C, los propios que son precisos en ejecutar una revisión minuciosa del proceso de fabricación de mezclas asfálticas.

**Tabla XIV.**

Referencia de anotaciones técnicas a usar para la actual investigación

<b>Formatos y fichas técnicas de laboratorio</b>
<b>Ensayos de laboratorios de los agregados</b>
F. para granulometría del agregado fino (AF) y polvo de ladrillo
F. para granulometría del agregado grueso (AG)

- 
- F. para peso específico y absorción del AF-AG
  - F. para peso específico y absorción del AG
  - F. para peso unitario y contenido de humedad del AF
  - F. para peso unitario y contenido de humedad del AG, cal y polvo.
  - F. para equivalente de arena y el AF
  - F. para angularidad del AF
  - F. para límite líquido, plástico e índice de plasticidad del AF
  - F. para durabilidad del AF y AG
  - F. para sales solubles del AF y AG
  - F. para abrasión del AG
  - F. para revestimiento y recubrimiento del AG
  - F. para partículas chatas y alargadas del AG
  - F. para caras fracturadas del AG
  - F. para densidad del cemento portland tipo I, cal y polvo de ladrillo.
- 

#### **Diseño de mezcla del asfalto**

---

- F. para el diseño de mezcla del asfalto patrón
  - F. para el diseño de mezcla del asfalto con cal
  - F. para el diseño de mezcla del asfalto con polvo de ladrillo
- 

#### **Propiedades Físico de la mezcla asfáltica**

---

- F. para determinar el peso unitario
  - F. para determinar el peso específico-total
- 

#### **Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica**

---

- F. para determinar los vacíos del agregado mineral (V.M.A)
  - F. para determinar los vacíos llenos de asfalto (V.F.A)
  - F. para determinar la fluencia
  - F. para determinar la estabilidad
- 

Nota. Esta tabla muestra todos los formatos a ser utilizados para la elaboración de la mezcla incorporando el polvo de ladrillo y cal como agregado mineral.

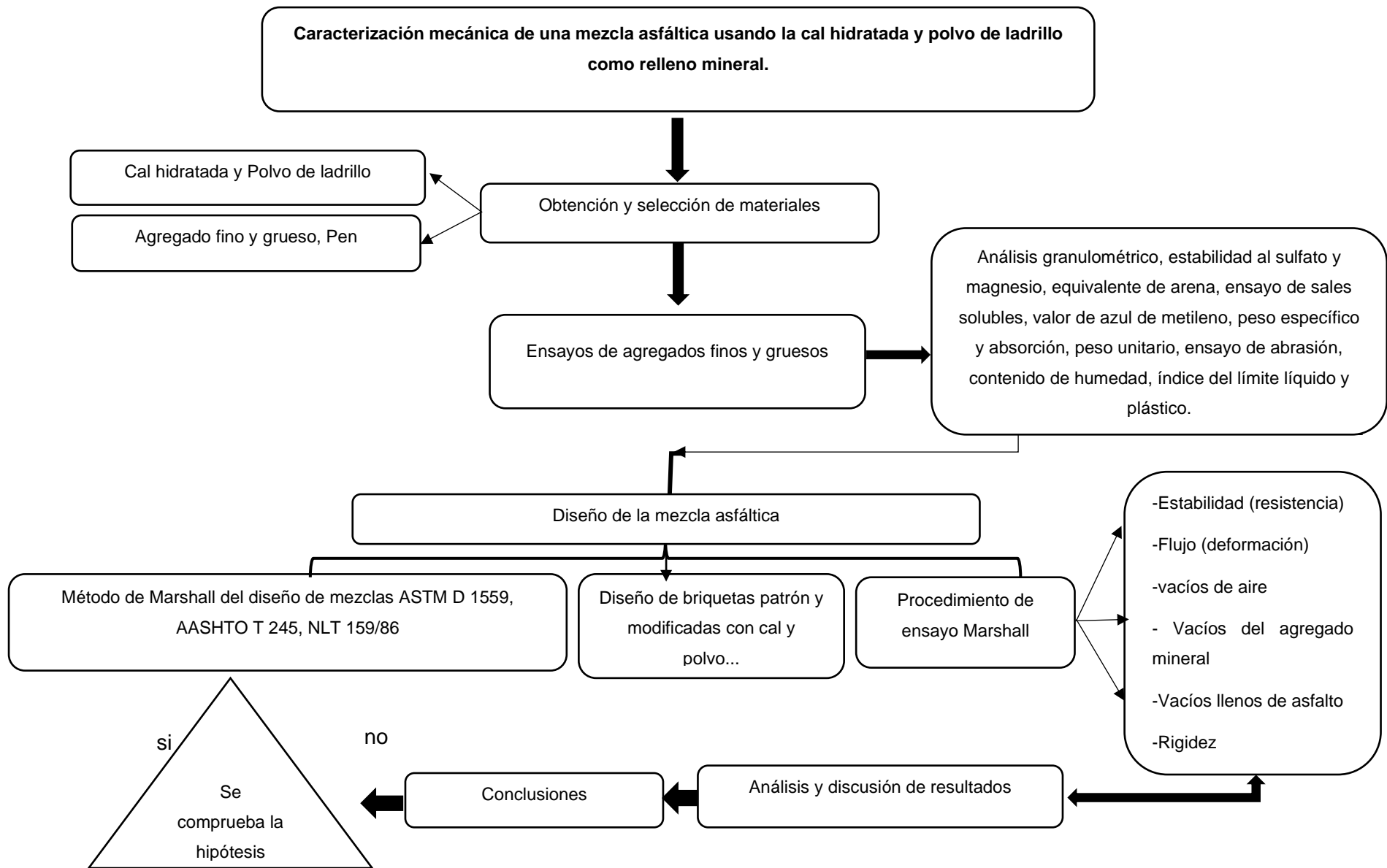
**Validez y confiabilidad de datos.** La confiabilidad de los resultados se basa en las evidencias que demuestran que el laboratorio, donde se han ensayado las muestras tenga un certificado de reconocimiento de parte de Indecopi y dichos equipos hayan sido calibrados con una vigencia de un año, incluyendo las fechas en que se han realizado los ensayos de las muestras. Correspondientemente al anexo 4 y anexo 6.

Cuando hablamos de validez, se hace contexto al nivel de investigación derivada por una herramienta representativa efectivamente lo que el observador se ha planteado determinar, es referir, la correspondencia de lo que se calcula y se desea calcular. [52] Con el propósito de efectuar cada uno de los ideales planteados, los ensayos a ejecutar estarán rigurosamente acorde lo determinado en las normativas peruanas e internacionales (ASTM, AASHTO y MTC).

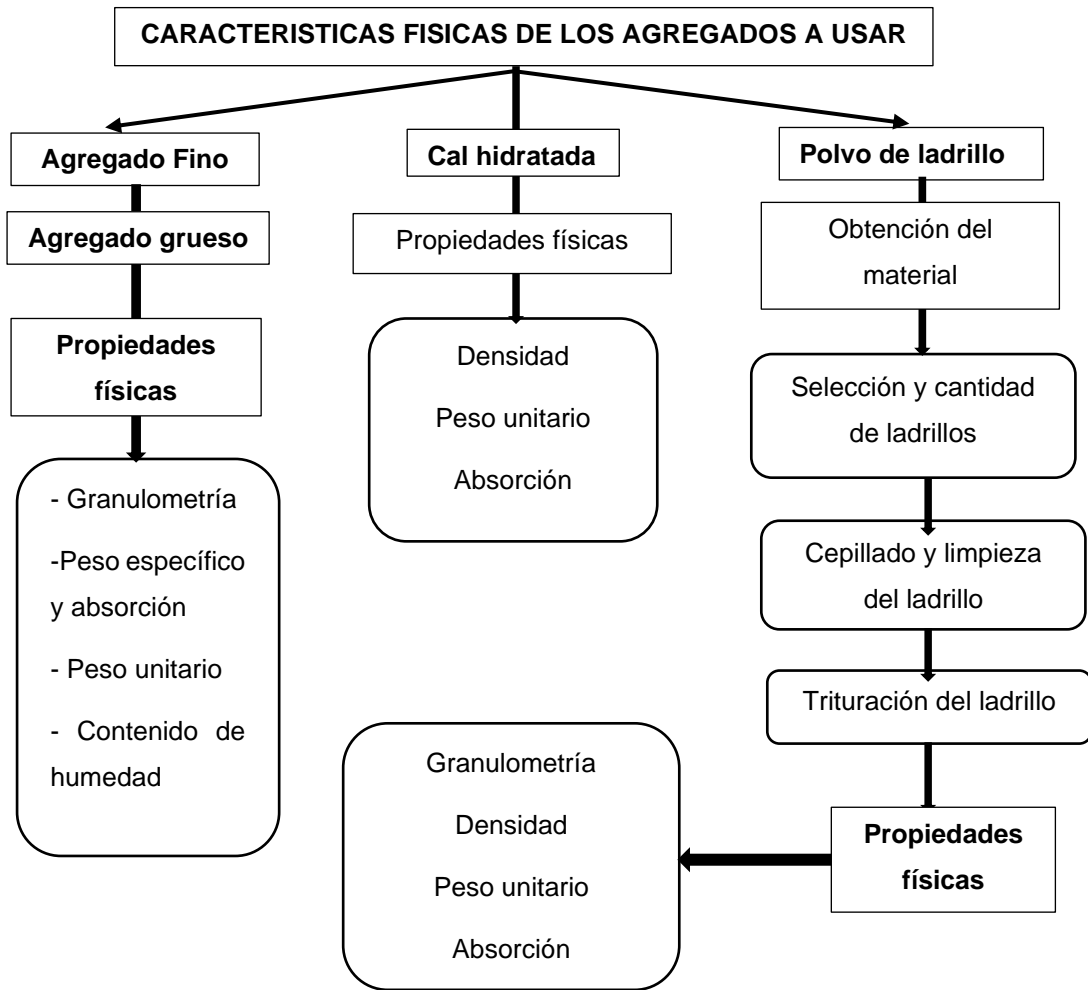
Cuando se hayan acumulado los datos bibliográficos fundamentales sobre las características de una mezcla asfáltica, y tras asegurar los agregados minerales, se completarán las pruebas que componen una combinación de mezcla según el tipo de relleno. La estimación de la data se centralizará de acorde a lo instituido por las Normas AASHTO, NLT y la ASTM D 1559, consiguiendo relacionar las derivaciones de las diferentes mezclas asfálticas de acorde al agregado que será utilizado como relleno mineral.

**2.5. Procedimientos de análisis de datos.** La estimación de data se centralizará conforme a lo determinado por las Normas AASHTO, NLT y la ASTM D 1559, obteniendo una comparación de las derivaciones de las diferentes mezclas asfálticas de acuerdo al agregado que será utilizado como relleno mineral.

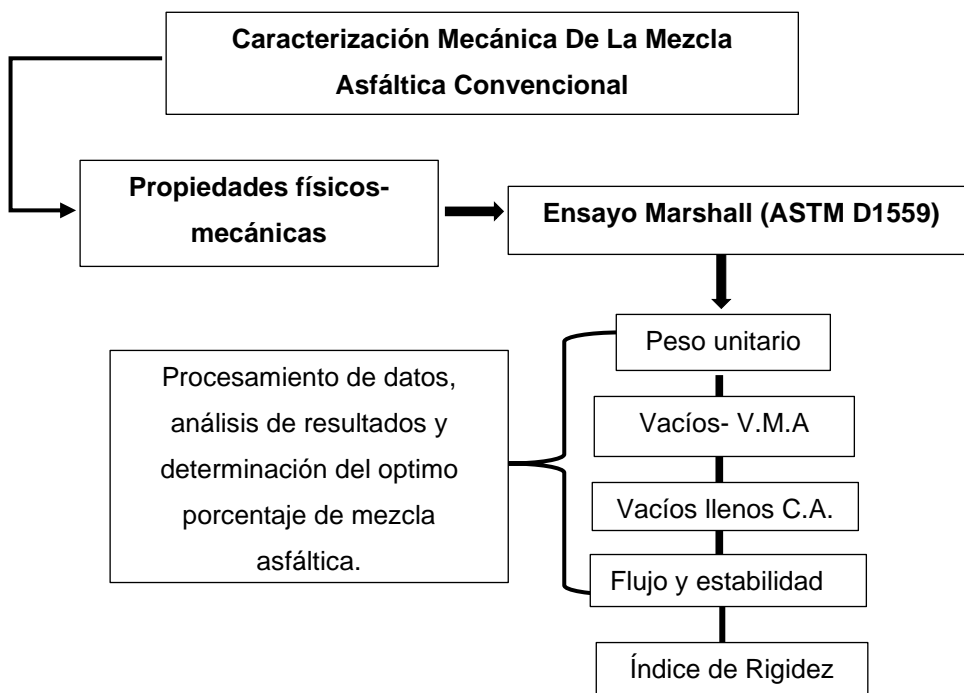
**2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.** Es fundamental, ya que exterioriza el proceso a seguir, indicando los sucesos dependientes al argumento de utilidad.



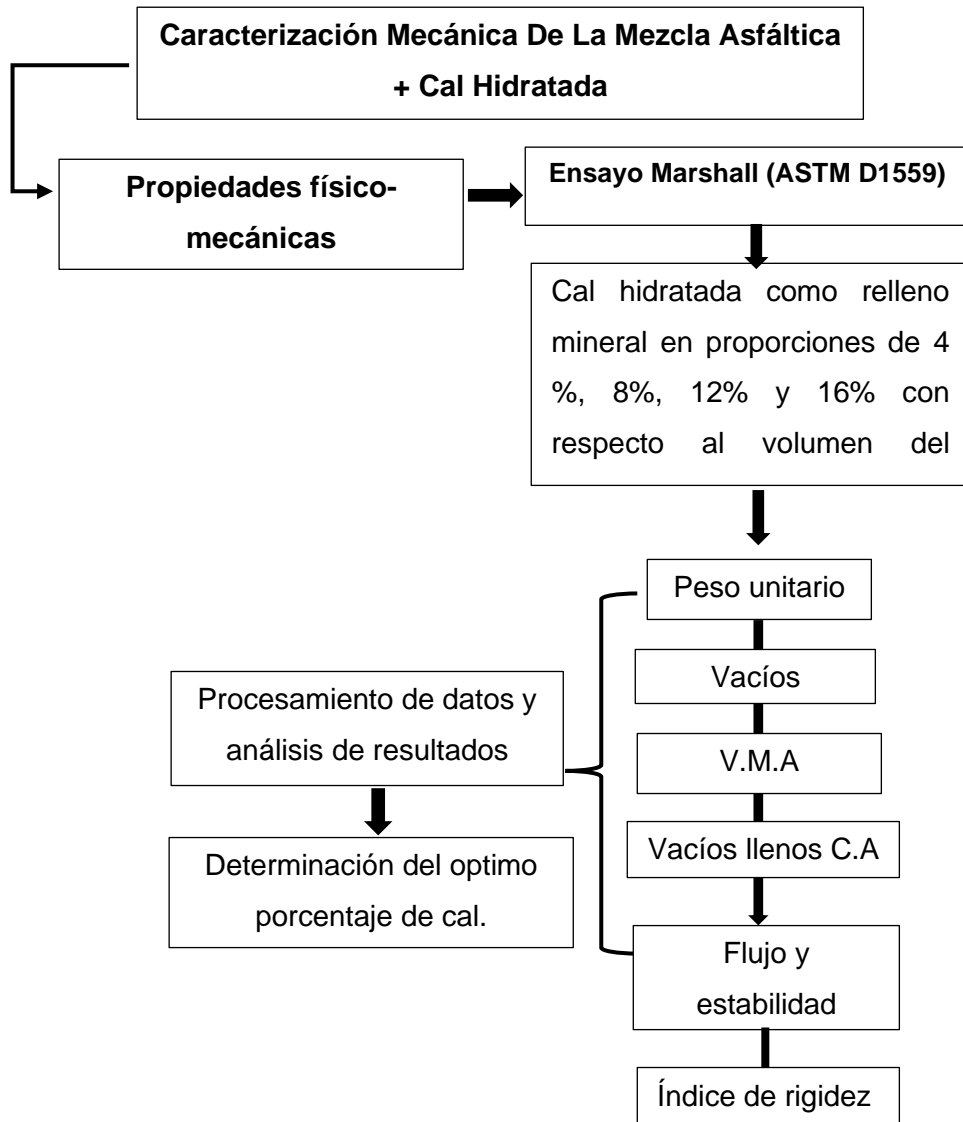
**Fig. 1.** Diagrama de flujo de la caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando la cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral



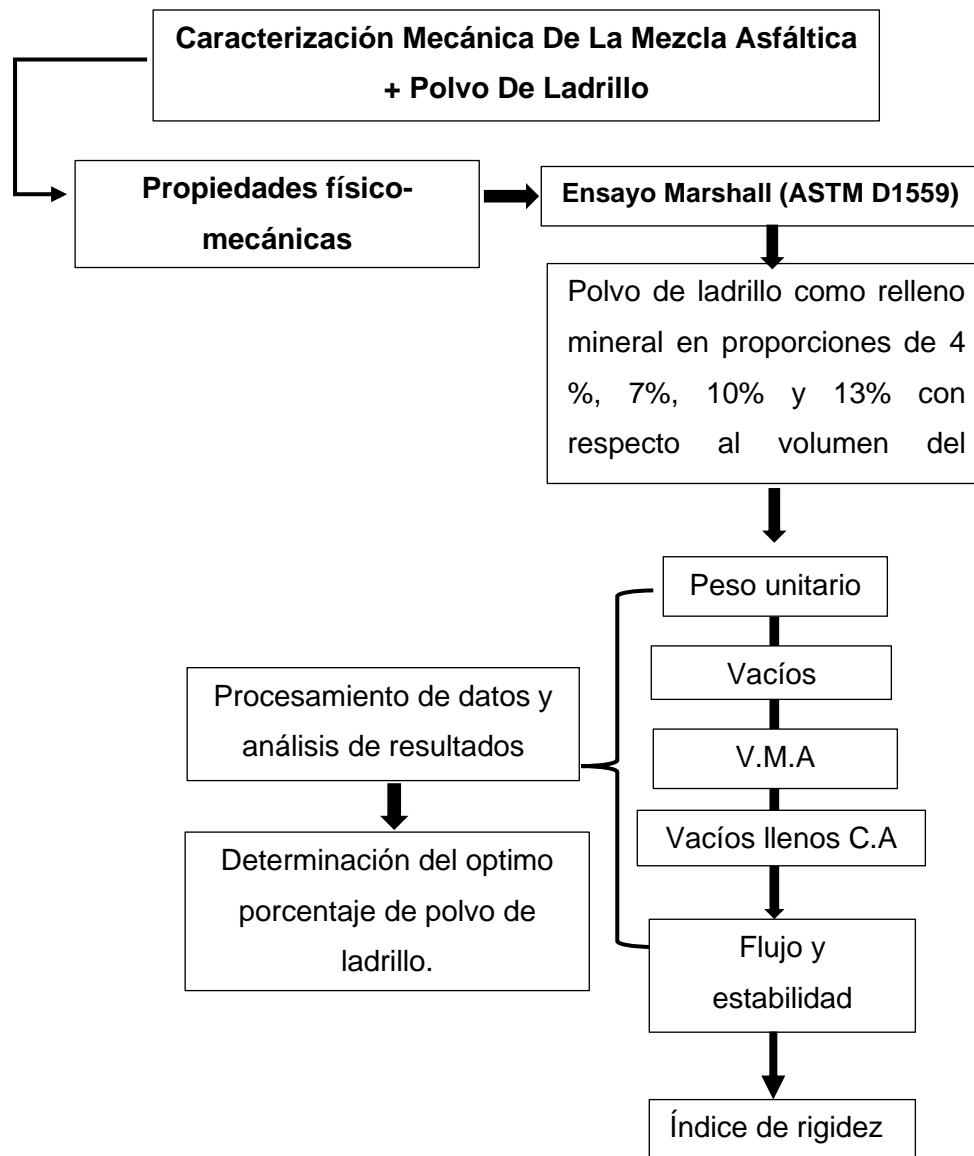
**Fig. 2.** Diagrama de flujo de las características físicas de los adheridos



**Fig. 3.** Diagrama de flujo de las características físicas mecánicas de la mezcla asfáltica



**Fig. 4.** Diagrama de flujo de la caracterización físicas - mecánicas de la mezcla con cal hidratada



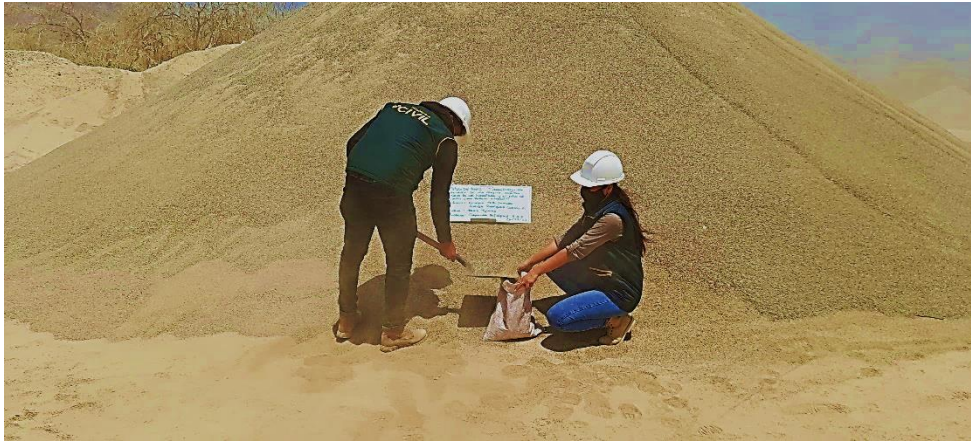
**Fig. 5.** Diagrama de flujo de la caracterización físicas - mecánicas de la mezcla asfáltica con polvo de ladrillo

## 2.5.2. Descripción de procesos

### 2.5.2.1. Selección y obtención de los materiales

- a) **Agregado fino y grueso.** Para la adquisición del adherido fino y grueso se verifico dos canteras, entre las cuales fueron “Piedra Azul” – Ferreñafe y “Tres Tomas” – Ferreñafe, en las que se obtuvieron ejemplares respectivos para su postrero análisis.



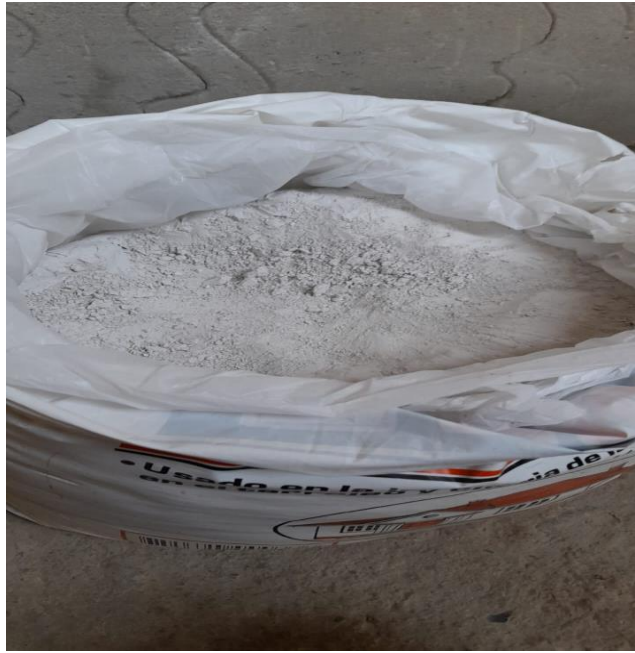


**Fig. 6.** Adherido fino Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe



**Fig. 7.** Adherido grueso Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe

**b) Cal hidratada.** En la cuestión de la cal se adquirió de la empresa PROMART, situada en la Av. Arenales 296, Chiclayo - Lambayeque, para lo cual acudimos a este centro comercial, en el cual se logró visualizar y elegir dicho pedido, obteniendo finalmente la cal hidratada adecuada para este estudio.



**Fig. 8.** Cal hidratada

- c) **Agua.** Fue compensada por el centro de prácticas LEMS W&C EIRL, lugar en el que se testificó la disposición del componente en este caso, se empleó el agua destilada.



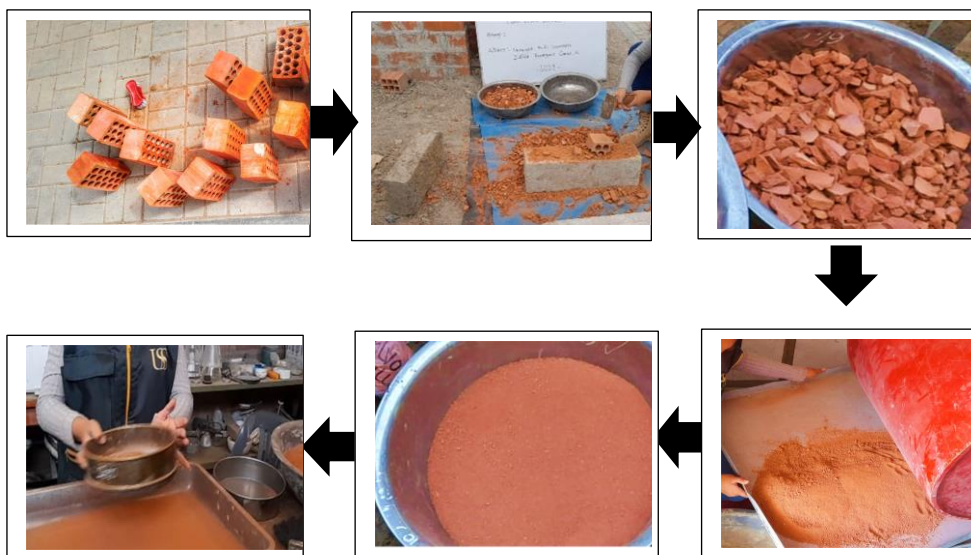
**Fig. 9.** Agua destilada

- d) **Cemento.** Para esta investigación se usó el cemento Portland Tipo I, “Quisqueya – Cemex”



**Fig. 10.** Cemento -Estructural Tipo I, Cemex Quisqueya

- e) **Polvo de Ladrillo.** El polvo de ladrillo se obtuvo producto de los ladrillos King Kong de 18 huecos, a las cuales posteriormente pasó por el proceso del limpiado, donde se cepillo cada ladrillo para evitar restos de impurezas excesivas, luego el proceso del chancado con una comba o martillo, seguidamente se pasó por la trituradora, para minimizar su tamaño, finalmente se aplicó la granulometría para poder obtener el polvo de ladrillo.



**Fig. 11.** Proceso de obtención del polvo de ladrillo



- f) **Pen. PEN 60/70:** Es una sustancia elevadamente cementante, resistente a altas temperaturas, impermeable y es tenaz al combate de la totalidad de los ácidos, alcaloides y minerales.



Fig. 12. Adquisición del pen 60/70, Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe

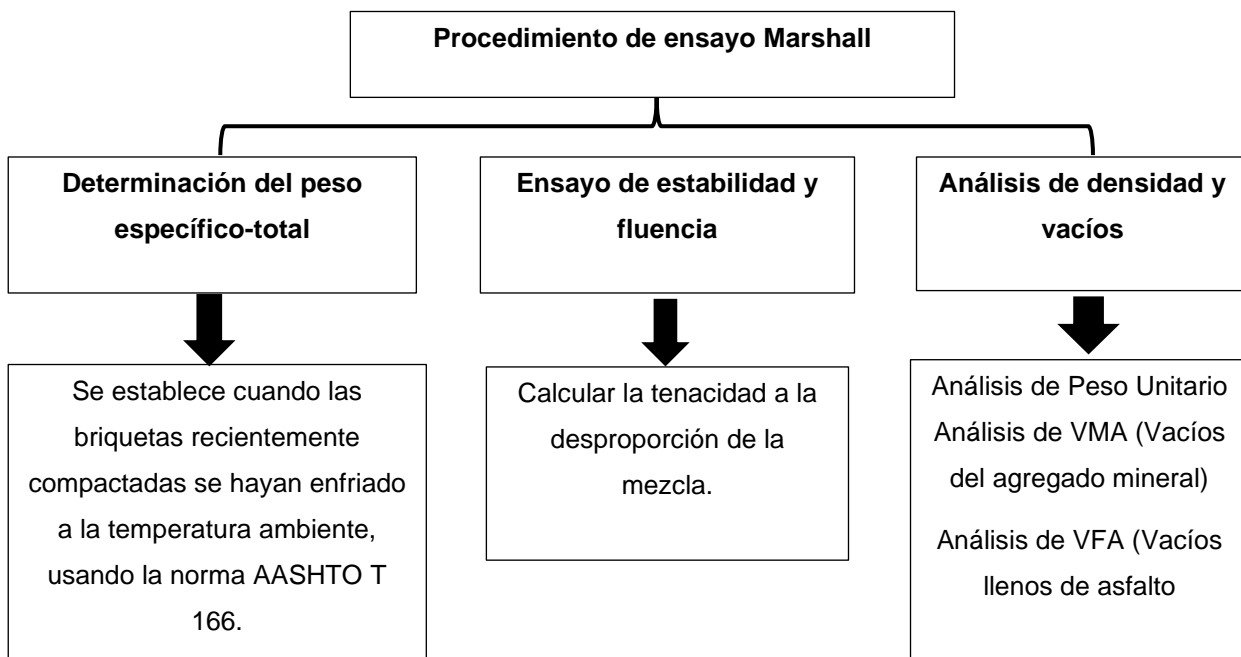
### 2.5.3. Ensayos realizados

- a) **Método de Marshall del diseño de mezclas ASTM D 1559, AASHTO T 245, NLT 159/86 (MTC E 504).** La etapa inicial consiste en establecer las propiedades con las que debe de contar una mezcla de pavimento para poder elegir un agregado vinculado al asfalto que pueda modificarse en función de esas circunstancias.
- b) **Elección de los especímenes de material.** En las pruebas, es importante reunir ejemplos de mezclas y del total de adheridos que se utilizarán en la mezcla, los ejemplos agregados deben tener atributos comparables que se utilizará en la última mezcla. Lo mismo debe ocurrir con los ejemplos de especímenes adheridos.
- c) **Preparación del agregado.** La correlación de  $T^0$  de adherencia del cemento asfáltico a utilizar debe autorizarse adecuadamente para establecer los niveles de mezcla y compactación. En derivación, las instrucciones principales se orientan hacia el adherido, con la intención de asemejar puntualmente sus particularidades. Estas

instrucciones incluyen el secado del agregado, establecer el peso delimitado, y verificar un estudio granulométrico.

**d) Preparación de las ejemplares (briquetas) de ensayo.** Las briquetas de prueba se preparan disponiendo que por unidad tengan por una medida ligera alternativa de asfalto. La sustancia asfáltica utilizada en las briquetas de prueba se caracteriza en función de una implicación razonable en las adherencias de la mezcla. Esta ventaja proporciona al centro de investigación una etapa inicial para establecer el límite específico de asfalto en la última mezcla.

**e) Procedimiento de ensayo Marshall.** Coexisten 3 instrucciones de verificación en el método del ensayo Marshall. Estos son: verificación del peso específico total, comprobación de la estabilidad Marshall, el estudio de la densidad y la capacidad de vacíos de briquetas.



**Fig. 13.** Procedimiento del ensayo

**2.5.4. Ensayos para los agregados.** Se originó a ensayar los adheridos derivados de las canteras, en dónde se ejecutó los consecutivos ensayos:

**Tabla XV.**

## Ensayos para los agregados

<b>Ensayos</b>	<b>Normativa</b>		
- Análisis granulométrico agregados grueso y fino	AASHTO T-27	ASTM D422	MTC E 107-2000)
- Ensayo de abrasión	---	ASTM C-131 ASTM C-535	MTC E 207
- Gravedad específica y absorción de agregados gruesos	AASHTO T-85	ASTM C-127	MTC E 206
- Determinación de partículas chatas y alargadas	---	ASTM D-4791	MTC E 221
- Contenido de sales solubles en agregados	---	---	MTC E 219
- Ensayo de durabilidad	---	ASTM C-88	---
- Ensayo de equivalente de arena	AASHTO T 176	ASTM D 2419	MTC E 114
- Gravedad específica en agregados finos	---	ASTM C-128	---
- Angularidad del agregado Fino	---	---	MTC E 222
- Índice de plasticidad	AASHTO T 90	ASTM D 4318	MTC E 111
- Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos	---	---	MTC E 220
- Contenido de sales solubles en agregados	---	---	MTC E 219
- Índice de plasticidad (malla n°200)	AASHTO T 90 y 89	ASTM D 4318	MTC E 111 y MTC E 100
- Ensayo de penetración de materiales asfálticos	AASHTO T 49	ASTM D-5	MTC E 304

**2.5.5. Procedimiento del diseño de mezcla asfáltica.** Se determinan las proporciones de los componentes necesarios para cada diseño. Se realizaron 16 diseños de mezcla asfáltica patrón para el ensayo Marshall ASTM D-1559 en este caso se trabajó con los porcentajes de 5,0%, 5,5%, 6% y 6,5%, el tipo de asfalto de 60, 66, 72 y 78 respectivamente, después de

eso se calcula el valor de los agregados más el filler, después con los porcentajes del agregado fino y grueso que fueron 45% y 54% respectivamente y 1% de filler, se diseñaron las briquetas patrón. Y 4 muestras de mezcla asfáltica para el ensayo de rice-ASTM D2041.

Para el diseño de mezcla asfáltica con cal hidratada se elaboraron 64 briquetas, para el ensayo Marshall ASTM D-1559 en este caso se trabajó con el porcentaje óptimo de la muestra patrón que fue 5.8% respectivamente, el tipo de asfalto en este caso sería de 69.6 para los cuatro porcentajes el mismo valor, después se calculó el valor de los agregados más el filler, con los porcentajes del agregado fino y grueso que fueron 45% y 54% respectivamente y 1% de filler, se diseñaron las briquetas con cal hidratada con los porcentajes de 4%, 8%, 12% y 16%, para poder indicar cuál sería el porcentaje óptimo. Y 4 muestras de mezcla asfáltica para el ensayo de rice.

Asimismo para el diseño de mezcla con polvo de ladrillo se elaboraron 64 briquetas, para el ensayo Marshall ASTM D-1559 en este caso se trabajó con el porcentaje óptimo de la muestra patrón que fue 5.8% respectivamente, el tipo de asfalto en este caso sería de 69.6 para los cuatro porcentajes el mismo valor, después de eso se calculó el valor de los agregados más el filler, con los porcentajes del agregado fino y grueso que fueron 45% y 54% respectivamente y 1% de filler, se diseñaron las briquetas con polvo de ladrillo con los porcentajes de 4%, 7%, 10% y 13%, para poder ver así cual sería el porcentaje óptimo. Y 4 ejemplares de mezcla asfáltica para el ensayo de rice.

Pruebas experimentales. Para el diseño de mezcla asfáltica patrón lo inicial que se hizo fue colocar los materiales al horno a una temperatura de 135°C de acuerdo a la normativa específica, ya que lo máximo permitido que puede llegar es de 135°-150°C, teniendo cuidado y haciendo uso de guantes, los componentes a usar para el diseño de mezcla fueron el agregado grueso, fino y el filler que este caso fue el cemento portland tipo I, en el caso del pen o asfalto se procedió a calentar hasta que esté en estado líquido, asimismo, los moldes de briquetas se procedieron a calentar.

Una vez realizado, se procedió a pesar la tara en cero, luego se empezó a añadir dichos materiales, empezando con el adherido fino, grueso, filler y el pen de acuerdo a los porcentajes establecidos, después se retiró todo de la balanza y se situó en la cocina para poder mezclar con la ayuda de un cucharón, hasta lograr un aspecto uniforme en la mezcla.

Después de eso, se empezó a colocar en la parte inferior del molde de la briqueta el papel filtro circular, para que la mezcla no se consolide al molde, luego se agregó la mezcla, después de eso se golpea con el apoyo de una barra de acero 25 veces en total, 15 veces alrededor del molde y 10 en el centro, como se aprecia en la Fig.81 y 83. Del mismo modo se situó el papel filtro en la sección superior, sobre el podio de compactación se suministra 75 golpes con el mazo de compactación para ambos lados de la briqueta. Teniendo en cuenta que pertenece a un parámetro de diseño de tránsito pesado, y es así como se realizó estos pasos para las 16 briquetas patrón.

Para el diseño de mezcla con cal hidratada lo inicial que se hizo es colocar los materiales al horno a una temperatura de 135°C de acuerdo a la normativa específica, ya que lo máximo permitido que puede llegar es de 135°-150°C, teniendo cuidado y haciendo uso de guantes, los elementos a usar fueron el agregado grueso, fino, filler que este caso fue el cemento portland tipo I, cal hidratada, en el caso del pen o asfalto se procedió a cocinar hasta que esté en estado líquido.

Asimismo, los moldes de briquetas se procedieron a calentar, una vez realizado, se procedió a pesar la tara en cero, luego se añadió dichos materiales, empezando con el adherido fino, grueso, filler y el pen de acuerdo a los porcentajes establecidos, después se retiró todo de la balanza y se situó en la cocina para poder mezclar con la ayuda de un cucharón, hasta lograr un aspecto uniforme en la mezcla.

Después de eso, se empezó a colocar en la parte inferior del molde de la briqueta un papel filtro circular, para que la mezcla no se consolide al molde, luego se agregó la mezcla, después de eso con el apoyo de una barra de acero se golpea 25 veces en total, del mismo modo se situó el papel filtro en la sección superior, para luego proceder a compactar con 75



golpes para ambos lados de la briqueta. Y es así como se realizó estos pasos para las 64 briquetas con cal hidratada. Del mismo modo se continúan todos los pasos ya mencionados anteriormente en el diseño de mezcla con polvo de ladrillo, como se aprecia en la Fig.87.

Asimismo, para el ensayo rice -ASTM D2041, se colocó los materiales al horno a una temperatura de 135°C de acuerdo a la normativa específica, ya que lo máximo permitido que puede llegar es de 135°-150°C, teniendo cuidado y haciendo uso de guantes, los componentes a usar para el diseño de mezcla fueron el adherido grueso, fino y el filler que este caso fue el cemento portland tipo I, en el caso del pen o asfalto se procedió a cocinar hasta que esté en estado líquido.

Una vez realizado, se procedió a pesar la tara en cero, luego se empezó a añadir dichos materiales, empezando con el adherido fino, grueso, filler y el pen de acuerdo a los porcentajes establecidos, después se retiró todo de la balanza y se situó en la cocina para poder mezclar con la ayuda de un cucharón, hasta lograr un aspecto uniforme en la mezcla. Después de eso la mezcla se colocó en una fuente, habiendo un total de 4 diseños de mezcla asfáltica, tal como especifica en la Fig.96. y eso se aplica para los tres diseños de mezclas asfáltica, es decir, patrón, cal hidratada y el polvo de ladrillo.

**Propiedades mecánicas.** Luego se dejó enfriarse las briquetas patrón, se retira del molde previa identificación, se procedió a dimensionar, como datos obteniendo su diámetro y espesor de cada briqueta, posteriormente se calculó su peso específico de cada briqueta en seco, sumergido y saturado.

Para así realizar el ensayo de Marshall, ASTM D1559, se colocó las muestras a inmersión a una temperatura de 60° C, durante 30 min, luego se retiró del agua y se ubicó la briqueta centrada en la sección menor de la mordaza, después se ubicó el registrador de flujo en su disposición de uso, no olvidando que debe estar en cero.

Después de eso se procedió a encender la prensa y se obtuvo la rotura de la briqueta, como se aprecia en la Fig.97. no dejando de ir apercibido el valor de máxima resistencia,

tomando nota de dicho valor, y es así como se repite el procedimiento para todas las briquetas, después de eso se ve cual es el mejor en porcentaje, para luego trabajarlo con las muestras de cal hidratada y polvo de ladrillo.

Para el ensayo rice - ASTM D 2041 se realizó para el patrón, y se repite el mismo procedimiento para la cal hidratada y el del polvo de ladrillo. Lo primero que se hizo fue disponer las muestras al horno a 110°C, hasta que la mezcla esté trabajable, luego se dejó enfriarse, posteriormente se midió el matraz vacío y se introdujo la muestra sin perder partículas, luego se agregó agua destilada hasta cubrir la muestra, agitamos el matraz manualmente y con una pistón de vacío por un tiempo de 15 min, después se llena el matraz con agua destilada hasta que cubra totalmente para obtener el peso y por último calibrarlo, para obtener la temperatura adecuada. Fig.100 y 101.

## **2.6. Criterios éticos.**

Cada una de las pruebas propuestos para la revisión se ajusta a las reglas determinadas en los principios con los que se relacionan, donde presenta información especializada del conocimiento científico, tecnológico e innovador, difundiendo de manera clara, objetiva y precisa con la garantía según lo determine el código de ética en investigación de la universidad Señor de Sipán S.A.C. A partir del artículo 5 y 6, donde señala transparencia en la elección del tema de exploración y en la realización de la misma, cumpliendo los criterios éticos admitidos y registrados por la entidad especializada.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Resultados

##### Resultados OE1

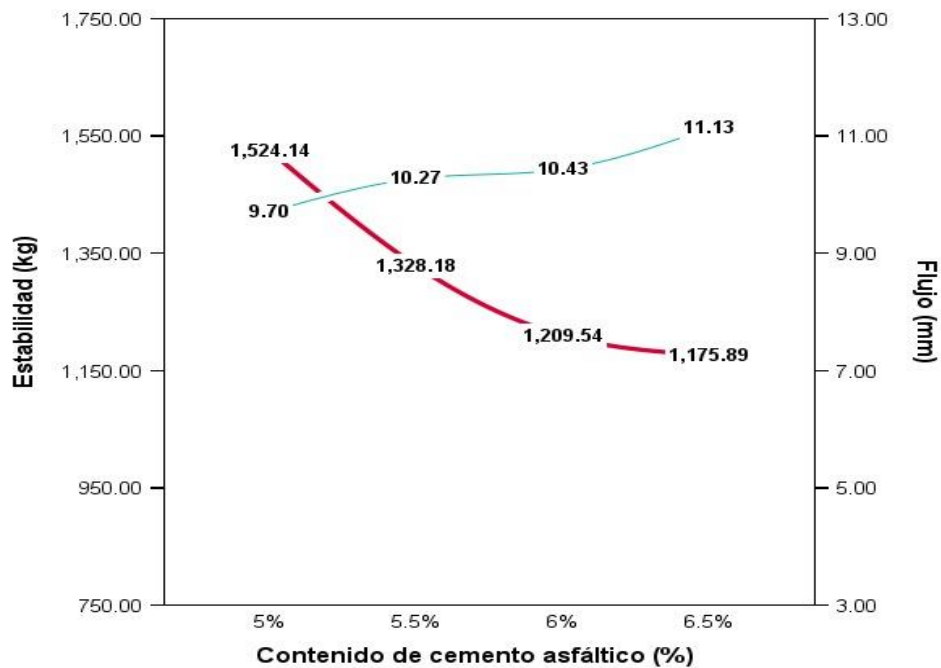
Tabla XVI.

Características físicas de la cal hidratada y el polvo de ladrillo

	<b>Autores</b>	<b>Peso unitario Suelto Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso unitario compactado Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Contenido de humedad %</b>	<b>Temperatura de calibración °C</b>	<b>Densidad gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Cal hidratada</b>	Tesis propia	173.37	1484.10	135.47	20°	2.74
	[24]	226.70	1003.00	131.00		2.20
	[26]	199.89	2200.00	210.11		2.03
	[27]	223.00	2410.00	181.70		2.70
<b>Polvo de ladrillo</b>	Tesis propia	130.48	1177.24	211.08	20°	2.64
	[30]	...	...	214.00		1.88
	[31]	180.00	2782.00	...		2.10
	[53]	167.11	2472.00	218.10		2.55

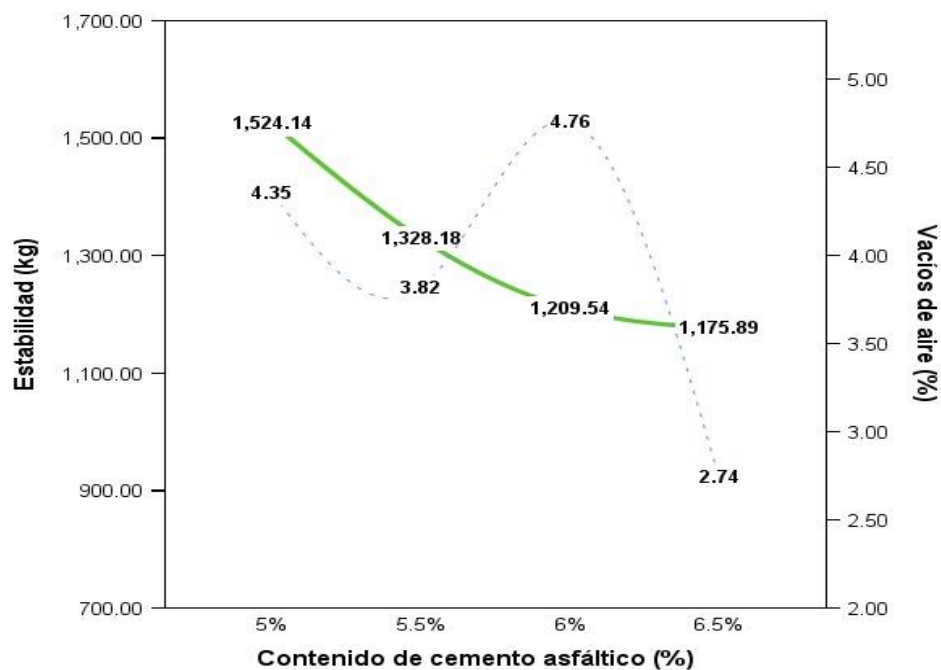
Nota. En la tabla 16, se demuestra una asimilación de los resultados adquiridos en el laboratorio, llenadas en la ficha técnica, según las características físicas de la cal y el polvo de ladrillo en relación a los distintos autores. Asimismo, de acuerdo a su densidad para ambos rellenos minerales, corresponde a un valor de  $\geq 2.0$  eso quiere decir que si cumple de acuerdo a los requerimientos específicos para la cal y el polvo de ladrillo. Teniendo en cuenta así que para la temperatura de calibración para poder hallar la densidad según norma nos especifica que es de 20° C, dando a entender que cumple con los requisitos asignados.

## Resultados OE2



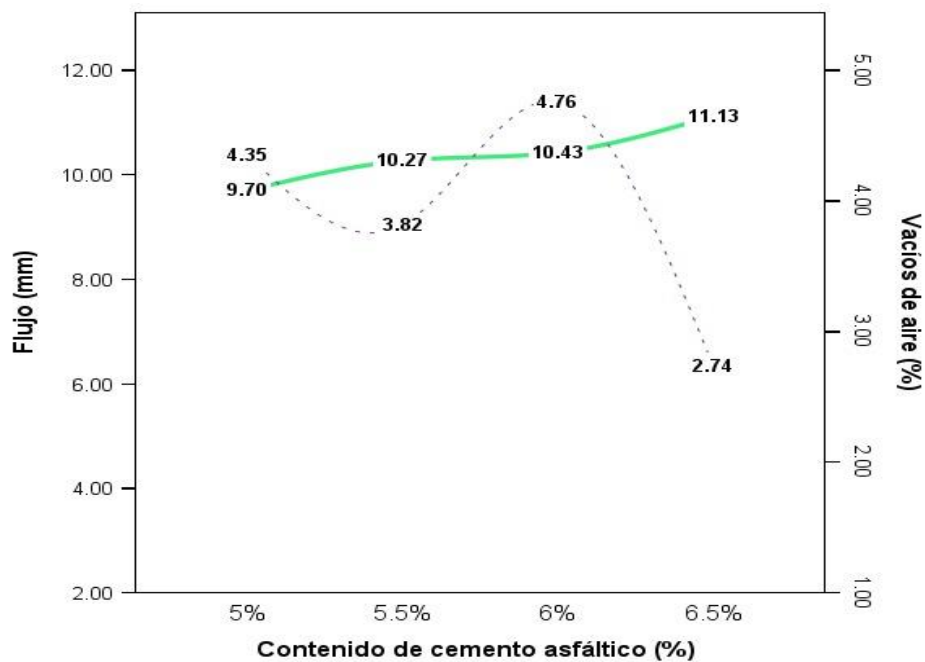
**Fig. 14.** Relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón

Nota. En la figura 14, se logró estimar la caracterización mecánica de la mezcla asfáltica patrón, cuyo valor es de 5.8% de C.A, alcanzando los máximos valores de flujo y estabilidad que fueron de 10.4 mm y 1207.73 kg respectivamente.



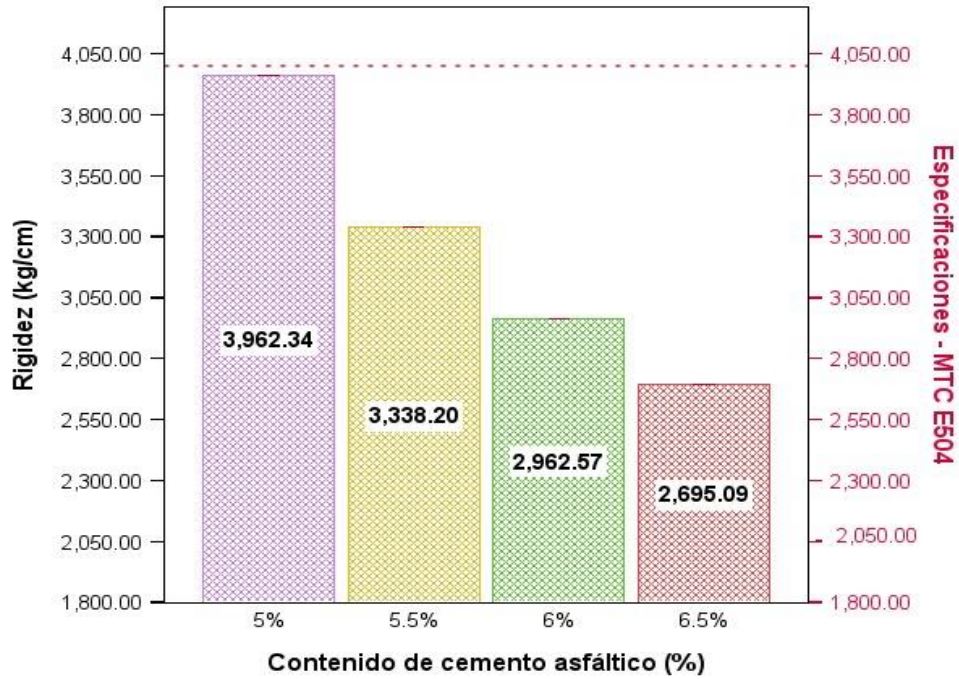
**Fig. 15.** Relación de estabilidad vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón

Nota. En la figura 15, representa la correlación entre el porcentaje de vacíos y la estabilidad, en el que se observa que con una mayor incorporación de cal en la mezcla asfáltica se logra un aumento de la estabilidad y a al mismo modo el porcentaje de vacíos disminuye, además los valores obtenidos de la estabilidad y porcentajes de vacíos se encontraron dentro de las especificaciones establecidas por el MTC E504 que son de 8,15 Kn como mínimo y de entre 3%-5% respectivamente.



**Fig. 16.** Relación de flujo vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón

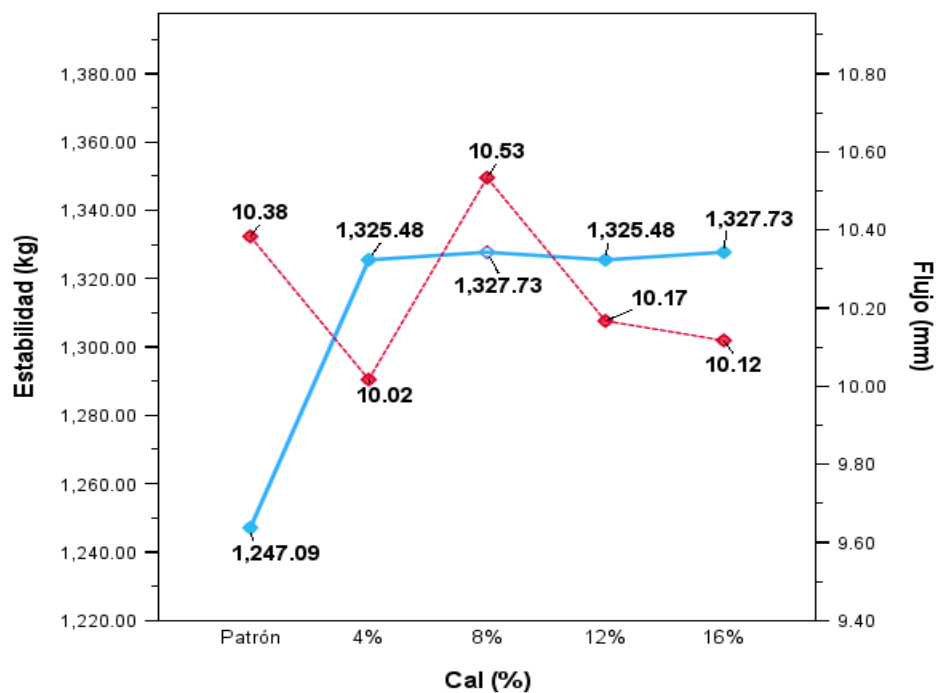
Nota. En la figura 16, se mostró la relación entre el flujo y el porcentaje de vacíos, presentando una tendencia que cuando el flujo disminuye de la misma manera sucede con el porcentaje de vacíos y cuando el flujo aumenta el porcentaje de vacíos aumentaba a la par. En este caso podemos decir que se optó por la segunda opción según lo especificado porque nos dio como resultados 10.4 mm en flujo en relación de un 4.5 %.



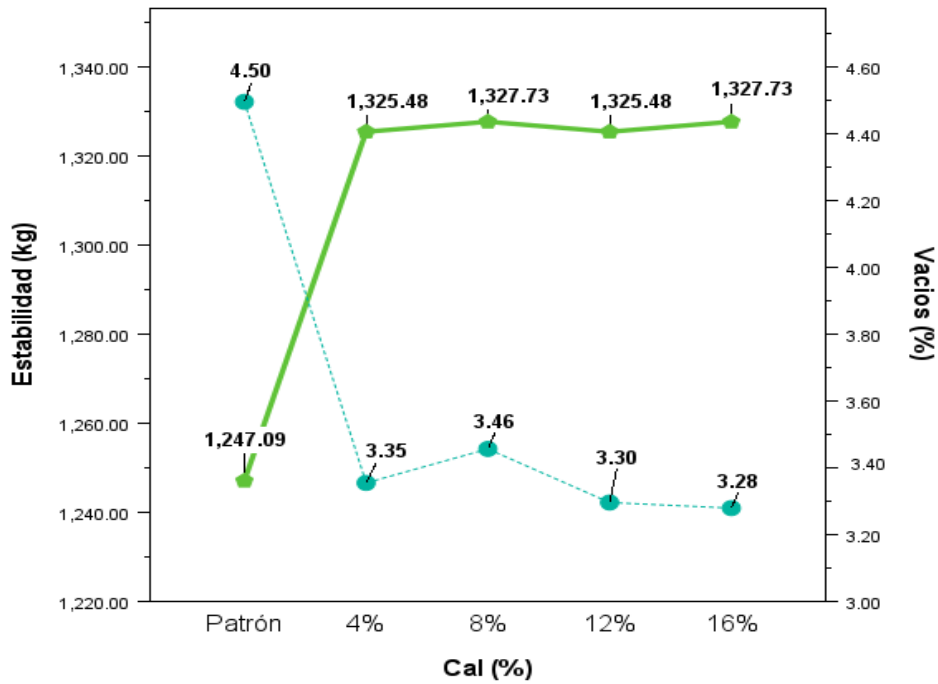
**Fig. 17.** Índice de rigidez para la mezcla asfáltica patrón

Nota. Finalmente, el porcentaje óptimo de C.A. fue 5.8%, las cualidades de flujo adquieren un valor de 10.4 mm, asimismo, la carga máxima obtiene los 12.2 kn, lo que consecuencia una rigidez de 3091.6 kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple.

### Resultados OE3



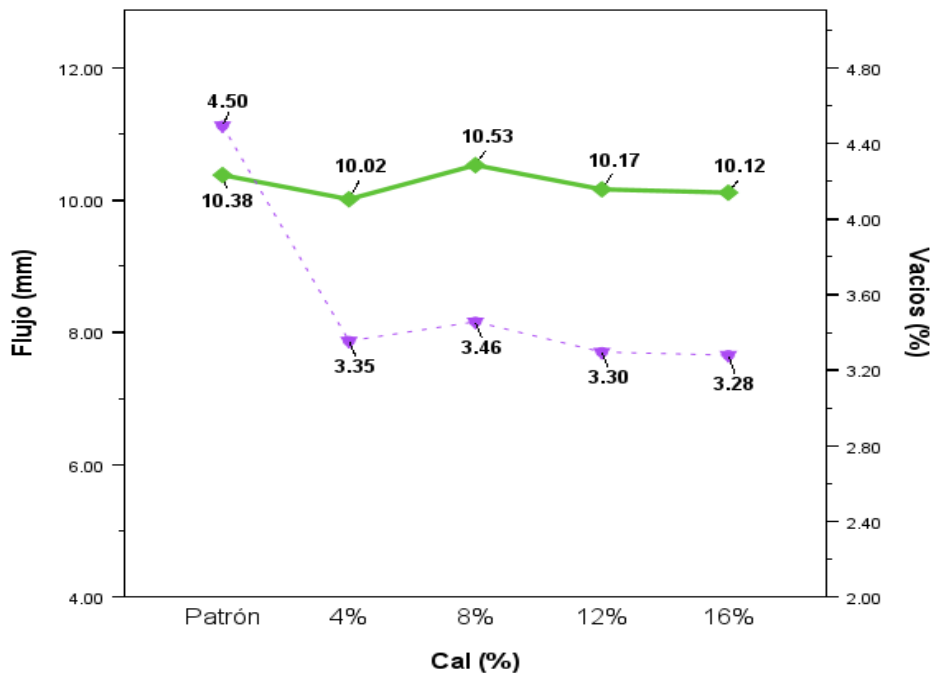
**Fig. 18.** Relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón + modificada con cal  
Nota. En la figura 18, se logró estimar la proporción de cemento asfáltico óptimo para la mezcla asfáltica convencional, cuyo valor es de 5.8% de C.A. Con el que se trabajó la cal hidratada, para lo cual, dentro de los cuatro porcentajes de cal, el óptimo que dio como resultado fue de 8% de cal, alcanzando los máximos valores de flujo y estabilidad que fueron de 10.53 mm y 1327.73 kg respectivamente.



**Fig. 19.** Relación de estabilidad vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón + modificada con cal

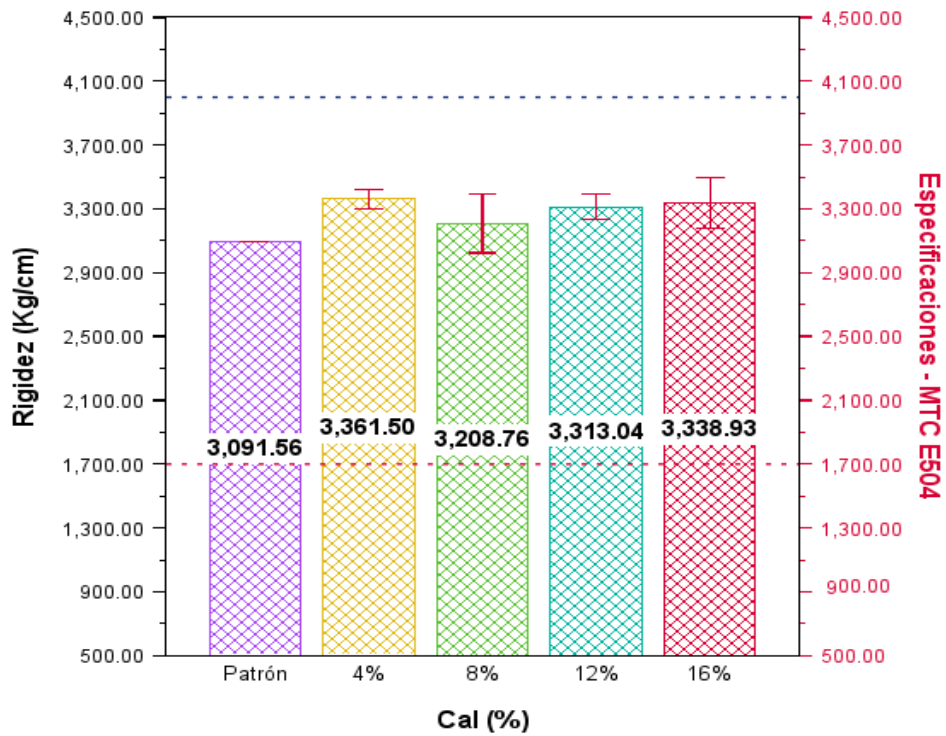
Nota. En la figura 19, representa la correlación entre el porcentaje de vacíos y la estabilidad, en el que se observa que con una mayor incorporación de cal en la mezcla asfáltica se logra un aumento de la estabilidad y a al mismo modo el porcentaje de vacíos disminuye, además los valores obtenidos de la estabilidad y porcentajes de vacíos se encontraron dentro de las especificaciones establecidas por el MTC E504 que son de 8,15 Kn como mínimo y de entre 3%-5% respectivamente.





**Fig. 20.** Relación de flujo vs vacíos para la mezcla asfáltica patrón + modificada con la cal hidratada

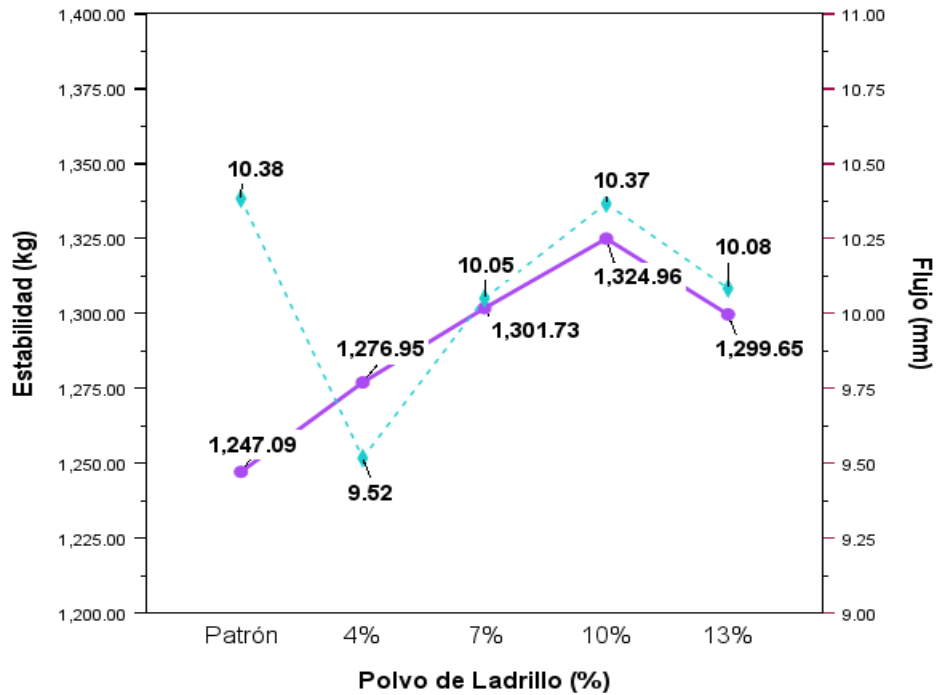
Nota. En la figura 20, se mostró la relación entre el flujo y el porcentaje de vacíos, presentando una tendencia que cuando el flujo disminuye de la misma manera sucede con el porcentaje de vacíos y cuando el flujo aumenta el porcentaje de vacíos aumentaba a la par. En este caso podemos decir que se optó por la segunda opción según lo especificado porque nos dio como resultados 10.53 mm en flujo en relación de un 3.46 % de vacíos del porcentaje óptimo de 8% de cal hidratada.



**Fig. 21.** Índice de rigidez para la mezcla asfáltica patrón y modificada con cal hidratada

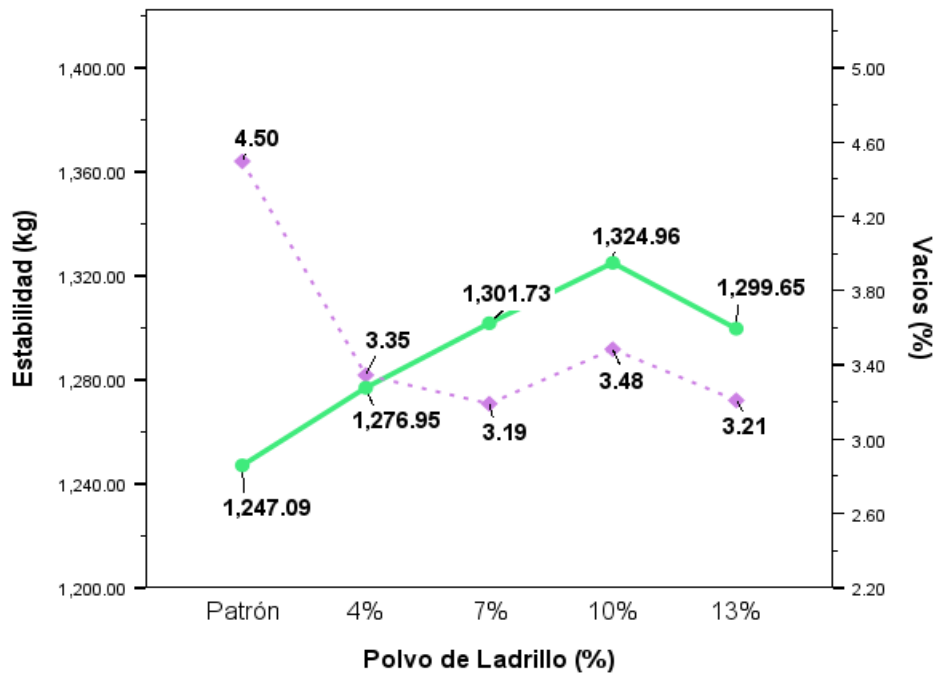
Nota. Finalmente, el porcentaje óptimo de cal fue 8%, las propiedades de flujo toman un valor de 10.5 mm, además, la carga máxima alcanza los 13 kn, lo que resulta una rigidez de 3208.8 kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple.

## Resultados OE4



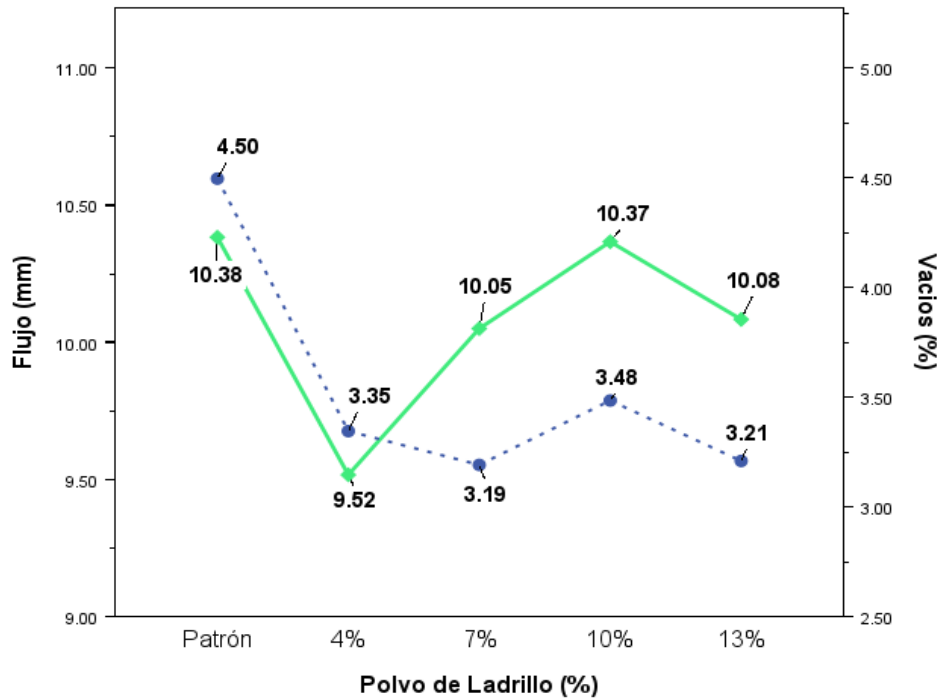
**Fig. 22.** Relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo

Nota. En la figura 22, se logró calcular el porcentaje de cemento asfáltico óptimo para la mezcla asfáltica convencional, cuyo valor es de 5.8% de C.A. Con el que se trabajó el polvo de ladrillo, para lo cual, dentro de los cuatro porcentajes de polvo, el óptimo que dio como resultado fue de 10% de polvo, presentando los máximos valores de flujo y estabilidad que fueron de 10.37 mm y 1324.96 kg correspondientemente.



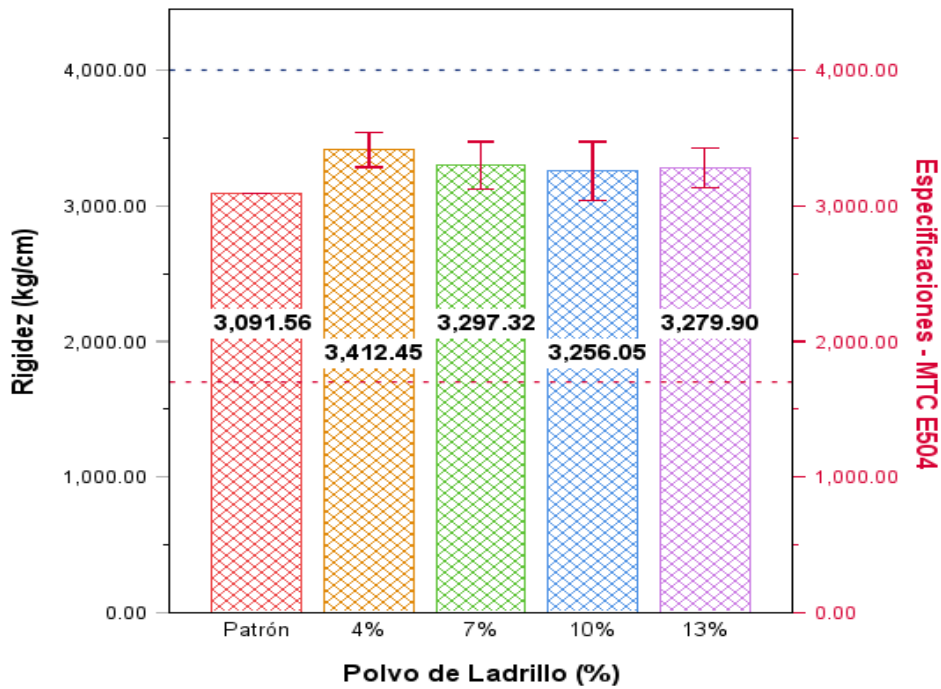
**Fig. 23.** Relación de la estabilidad vs % de vacíos del C.A para una mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo

Nota. En la figura 23, se obtiene una correlación entre la proporción de vacíos y la estabilidad, en el que indica que con una excesiva dosificación de polvo de ladrillo en la mezcla se consigue un aumento de la estabilidad con un valor de 1324.96 kg al mismo tiempo que el porcentaje de vacíos decrece, asimismo, tanto los valores de la estabilidad y porcentaje de vacíos estuvieron dentro de las especificaciones indicadas en el MTC E504.



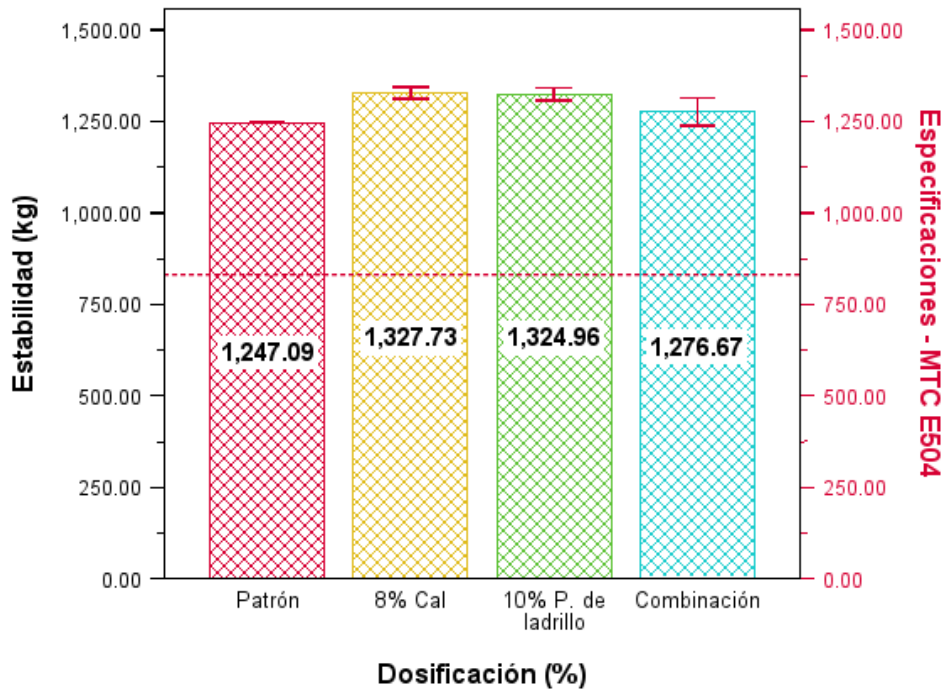
**Fig. 24.** Relación de la estabilidad vs % de vacíos del C.A para una mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo

Nota. En la figura 24, se observó una tendencia análogo en la relación del flujo y el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica con el polvo de ladrillo, según lo especificado por la norma MTC-E504, en este caso según lo especificado se obtuvo como resultados 10.37 mm en flujo en relación de un 3.48 % de vacíos del porcentaje óptimo de 10% de polvo de ladrillo.



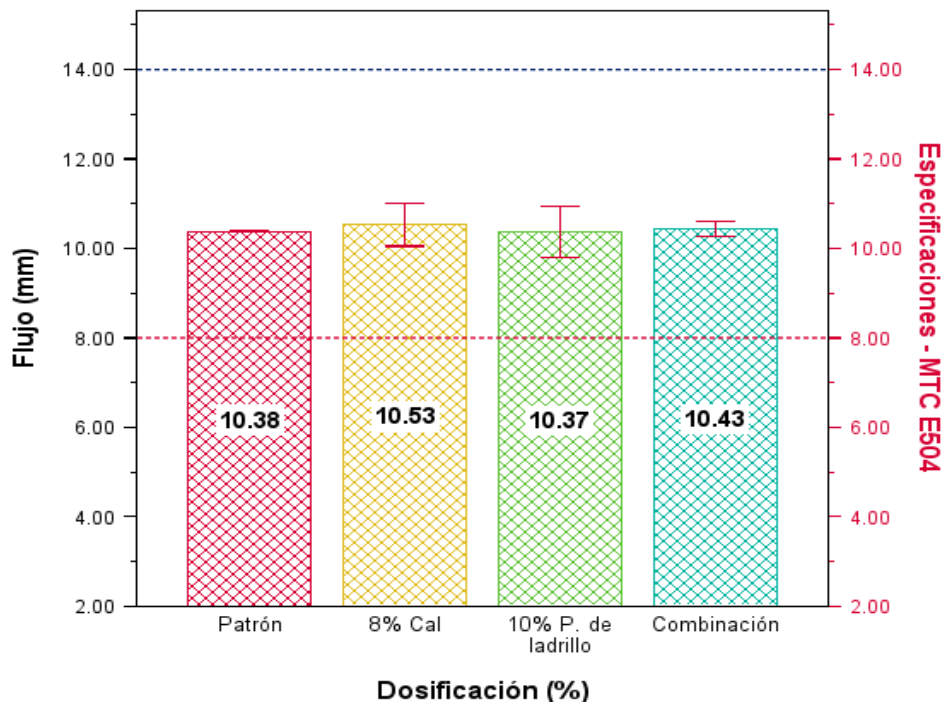
**Fig. 25.** Índice de rigidez para una mezcla asfáltica patrón + modificada de polvo de ladrillo  
 Nota. Finalmente, el porcentaje óptimo de polvo fue 10%, las cualidades de flujo adquieren una cuantía de 10.4 mm, conjuntamente, la carga máxima adquiere los 13 kn, lo que refleja una rigidez de 3256.0 kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple

## Resultados OE5



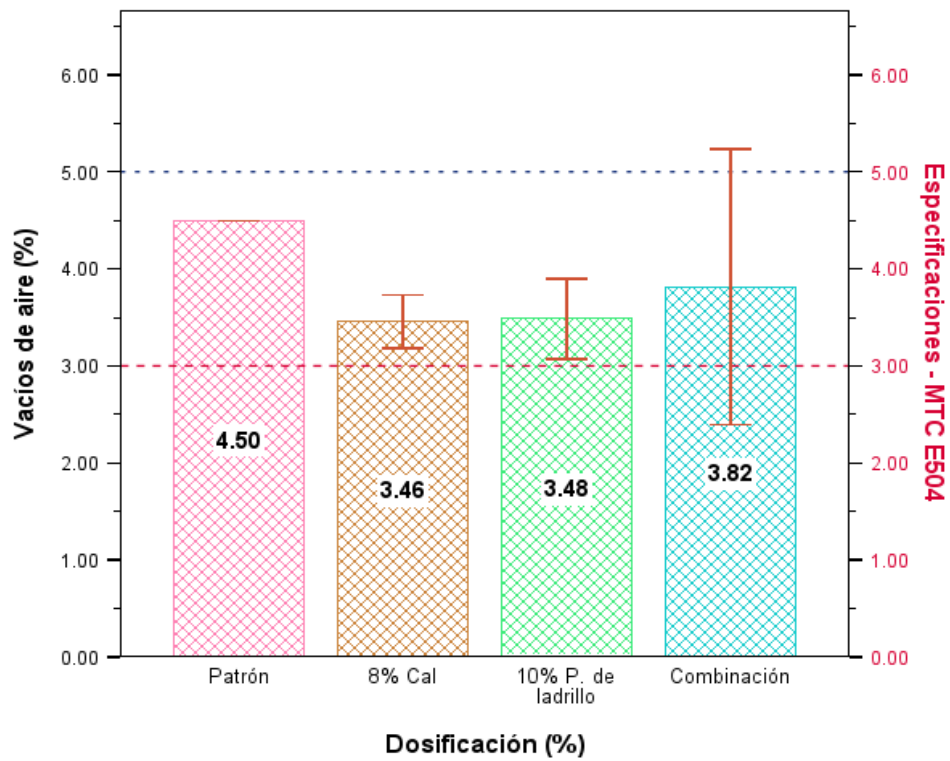
**Fig. 26.** Estabilidad para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo

Nota. En la figura 26, se demuestra los valores de estabilidad de la MAC-2 patrón y modificada, donde podemos observar que se realizó una combinación de los porcentajes óptimos de ambos rellenos minerales, dentro los cuales al compararlo nos dan un resultado que la combinación de ambos es decir del 8% cal+ 10% P. ladrillo, se muestra un mejoramiento en paralelo a la mezcla convencional, con un valor de 1276.67 kg.



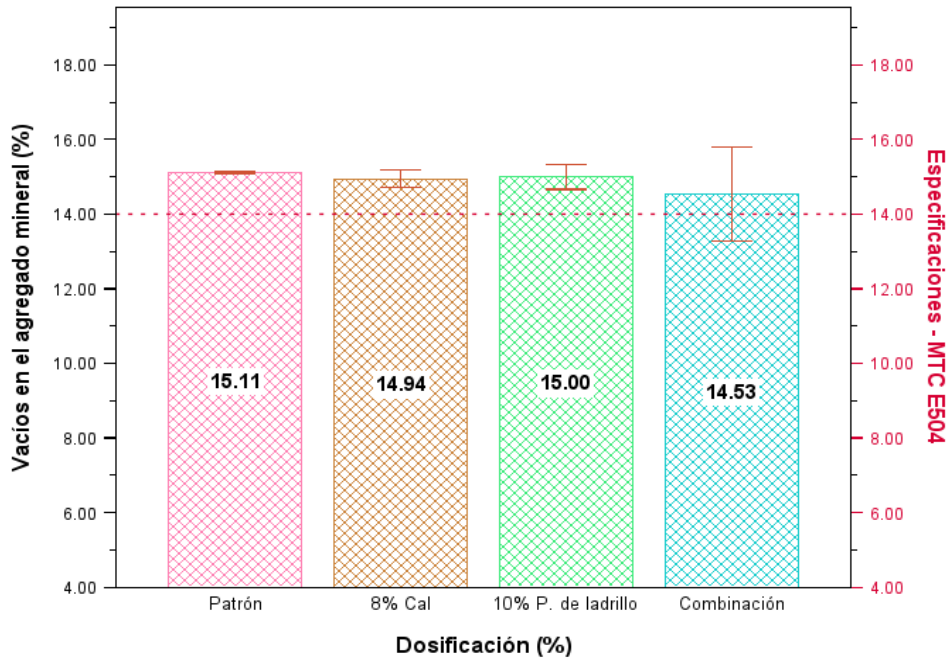
**Fig. 27.** Flujo para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo  
 Nota. En la figura 27, se demuestra los valores de flujo de la MAC-2 patrón y modificada, donde podemos observar que se realizó una combinación de los porcentajes óptimos de ambos rellenos minerales, dentro los cuales al compararlo nos dan un resultado que la combinación de ambos es decir del 8% cal+ 10% P. ladrillo, se muestra un mejoramiento en comparación a la mezcla convencional, asimismo se visualiza que la combinación en correlación a la mezcla modificada con el 8% de cal incremento su valor con un valor de 10.53 mm.





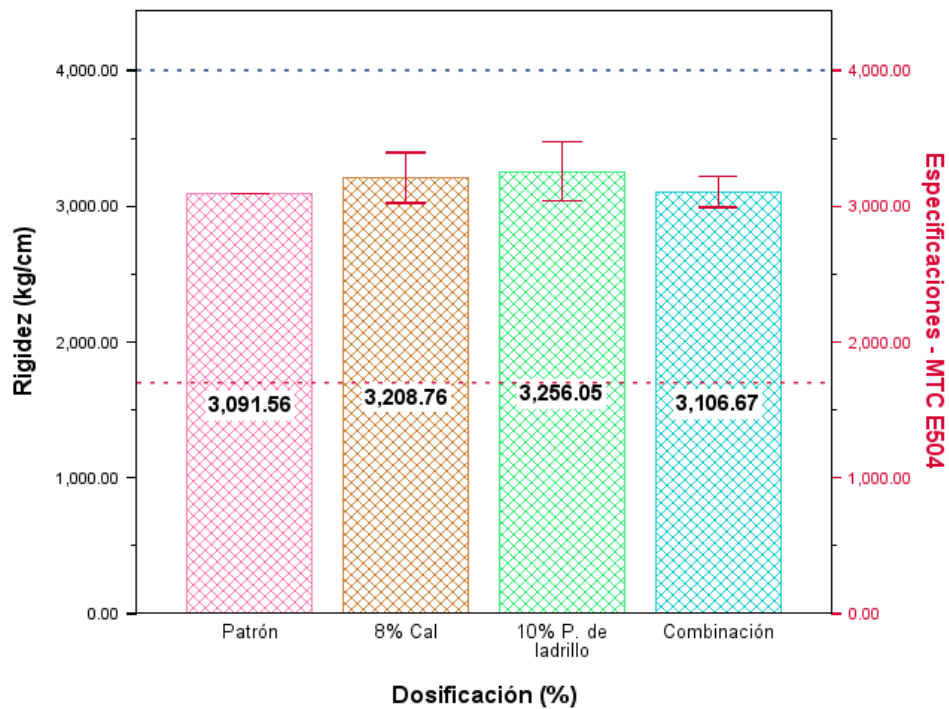
**Fig. 28.** % de vacíos con aire para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo

Nota. En la figura 28, se demuestra las cuantías del % de vacíos de la MAC-2 patrón y la modificada de los porcentajes óptimos de ambos rellenos minerales, dentro los cuales al compararlo nos dan un resultado que la combinación de ambos es decir del 8% cal+ 10% P. ladrillo, se muestra una minoría leve en relación al patrón, con un porcentaje en 3.82%.



**Fig. 29.** % de vacíos en el agregado mineral para una mezcla asfáltica patrón + modificada con cal + el polvo de ladrillo

Nota. En la figura 29, se demuestra las cuantías del % de vacíos en el agregado mineral de la MAC-2 patrón y la modificada de los porcentajes óptimos de ambos rellenos minerales, dentro los cuales al compararlo nos dan un resultado que la combinación de ambos es decir del 8% cal+ 10% P. ladrillo, disminuye su valor con un porcentaje en 14.53%.



**Fig. 30.** Factor de rigidez de la MAC-2 patrón y modificada con cal + P. ladrillo

Nota. En la figura 30, se demuestra el factor de rigidez de la MAC-2 modificada con 8% de cal + 10% P. ladrillo evidencian un incremento en relación a la mezcla patrón, con un valor de 3106.67 kg/cm, donde a considerable aumento es bajo factible que se distorsione el asfalto.

### 3.2 Discusión

En la Tabla XVI, se demuestra que las características físicas de la cal y el polvo de ladrillo cumplen con las especificaciones del MTC. Asimismo, de acuerdo a su densidad para ambos rellenos minerales, corresponde a un valor de  $\geq 2.0$  eso quiere decir que si cumple de acuerdo a los requerimientos específicos para la cal y el polvo de ladrillo. Para las caracterizaciones físicas de cal, teniendo en cuenta así que para la temperatura de calibración para poder hallar la densidad según norma nos especifica que es de 20° C, con una densidad de 2.74 gr/cm<sup>3</sup>, el peso unitario suelto dio como valor 173.37 kg/m<sup>3</sup>, de igual modo para el peso unitario compactado de 1484.10 kg/m<sup>3</sup>, dando a entender que cumple con los requisitos asignados y con un contenido de humedad de 135.47%. De igual forma Sen et. al [24] realizaron las características físicas de la cal, donde lograron una densidad de 2.20 gr/cm<sup>3</sup>, con un peso específico suelto de 226.70 kg/m<sup>3</sup>, para el peso unitario compactado se obtuvo

1003 kg/m<sup>3</sup> y con un contenido de humedad de 131 %. Asimismo, Iwański [26] donde obtuvo una densidad de 2.03, con una temperatura de 20° C en relación a lo especificado de la norma, un peso unitario suelto 199.89 kg/m<sup>3</sup>, y un peso unitario compactado de 2200 kg/m<sup>3</sup>, como podemos observar en el peso compactado es notorio un leve incremento en relación a los anteriores autores, de igual forma que el contenido de humedad fue de 210.11 %. Por otro lado, Kikut Cruz [27] demuestra una densidad 2.70 gr/cm<sup>3</sup> cercano a nuestro resultado obtenido por la ficha técnica, el peso unitario suelto mantiene una relación de incremento según el autor Sen et. al, con un valor de 223 kg/m<sup>3</sup>, y con un peso unitario compactado de 2410 kg/m<sup>3</sup>. Con relación a las características físicas del polvo de ladrillo se obtuvieron como valores de acuerdo a nuestra ficha técnica, una densidad de 2.64 gr/cm<sup>3</sup>, un peso unitario suelto y compactado de 130.48 kg/m<sup>3</sup>, y 1177.24 kg/m<sup>3</sup>, correspondientemente. En el caso de Chang, et.al [30] la densidad fue de 1.88 gr/cm<sup>3</sup>, el peso específico suelto y compactado no se especifica, pero si el contenido de humedad que es de 214%. Por otro lado, Wozzuk et.al [31] demuestran una densidad de 2.10 gr/cm<sup>3</sup>, con un peso específico unitario suelto de 180 kg/m<sup>3</sup>, el peso unitario compactado de 2782 kg/m<sup>3</sup>, y sin especificar el contenido de humedad. Además, Wagaw et.al [53] obtuvo una densidad de 2.55 gr/cm<sup>3</sup>, su peso unitario suelto de 167.11 kg/m<sup>3</sup>, y un peso unitario compactado de 2472 kg/m<sup>3</sup>, y un contenido de humedad de 218.10 %.

Además, se analizó la experimentación de la adición de cal hidratada en 4%, 8%, 12% y 16% para obtener el % óptimo que mejore las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica modificada. En la figura 18, se muestra la relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón + modificada con cal, donde se obtuvo la proporción de cemento asfáltico óptimo para la mezcla convencional, cuya cuantía es de 5.8% de C.A. A su vez alinea con Joohari [29] , donde el volumen óptimo alcanzado fue de 5,9% para asfalto usual. De manera similar Valera [33] , porque al efectuar el diseño de mezcla se ha conseguido un 5.7% al equivalente al diseño base elaborado con cal, para lo cual, dentro de los cuatro porcentajes de cal, el porcentaje óptimo fue el 8% de cal en relación a la mezcla asfáltica convencional,

alcanzando los máximos valores de flujo y estabilidad que fueron de 10.53 mm y 1327.73 kg respectivamente, asimismo según el autor Sen et al [24] demostraron que la adherencia del asfalto incremento con la cal, y el porcentaje óptimo fue un 8%.

En la figura 19, representa la relación entre el porcentaje de vacíos y la estabilidad, en el que se observa que con una mayor incorporación de cal en la mezcla asfáltica se logra un acrecentamiento de la estabilidad y al mismo modo la proporción de vacíos reduce en 3.46%, Asimismo, Khodaii et al [25] , demostraron que se obtuvo el 4% de vacíos de aire, además, los valores alcanzados de la estabilidad y porcentajes de vacíos se encontraron dentro de las especificaciones establecidas por el MTC E504 que son de 8,15 Kn como mínimo y de entre 3%-5% respectivamente. En la figura 20, se mostró la correlación entre el flujo y la proporción de vacíos, según lo especificado dio como resultados 10.53 mm en flujo en relación de un 3.46 % de vacíos del porcentaje óptimo de 8% de cal hidratada. Asimismo, en la figura 21, se determinó el índice de rigidez para la mezcla asfáltica patrón y modificada con cal hidratada, el volumen máximo consigue los 13 kn, lo que resulta una rigidez de 3208.8 kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumplen. En comparación con Quispe [20] , la incremento de filler de cal le provocó en aumento del 24.54 % en la rigidez, la adición del filler de cal en la mezcla asfáltica, favorece a la disminución de fallas por fatiga térmica originadas por los cambios cíclicos de temperatura. Por otro lado, Ramos et al [32] , demuestra que el factor de rigidez reservada en relación del diseño patrón y rectificado muestra un aumento del 10.43%.

Subsiguientemente se analizó la experimentación de la adición del polvo de ladrillo en 4%, 7%, 10% y 13% para obtener el % optimo que mejore las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica modificada. En la figura 22, Se obtuvo la relación de estabilidad y flujo para la mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo, dentro de los cuatro porcentajes de polvo, el óptimo que dio como resultado fue de 10% de polvo, presentando los máximos estimes de flujo y estabilidad que fueron de 10.37 mm y 1324.96 kg

correspondientemente. En referencia a ello Chang et al [30] el complemento de polvo de ladrillo con un 10% incrementa el proceder del suelo al reducir su índice de plasticidad, amplificando el índice de compactación y aumenta los factores geotécnicos. En la figura 23, se obtiene la correlación entre la proporción de vacíos y la estabilidad, en el que se visualiza que con una significativa dosificación de polvo de ladrillo en la mezcla asfáltica se consigue un aumento de la estabilidad con un valor de 1324.96 kg al mismo tiempo que el porcentaje de vacíos decrece en un 3.48%. Por otro lado, Woszuk et al [31] , obtuvo más de 2370 kg en estabilidad, asimismo, la capacidad de vacíos de aire en este caso incremento a 4,4 %, 4,6 % y 5,2 %, relativamente, asimismo, tanto los valores de la estabilidad y % de vacíos estuvieron dentro de las especificaciones indicadas en el MTC E504.

En la figura 24, se observó la relación de flujo vs % de vacíos del C.A para una mezcla asfáltica patrón + modificada con polvo de ladrillo. Una tendencia similar en la relación del flujo y el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica con el polvo de ladrillo, según lo detalla la norma MTC-E504, en este caso según lo especificado se obtuvo como resultados 10.37 mm en flujo en relación de un 3.48 % de vacíos del porcentaje óptimo de 10% de polvo de ladrillo. Según Wagaw et al [53] , las muestras conjuntas con relleno de ladrillo originan una mezcla asfáltica con alta estabilidad Marshall, menor flujo y menos vacíos llenos de asfalto. En la figura 25, del factor de rigidez para una mezcla asfáltica patrón + modificada de polvo de ladrillo, el porcentaje óptimo de polvo fue 10%, las propiedades de flujo adquieren un valor de 10.4 mm, conjuntamente, el volumen máximo logra los 13 kn, lo que place una rigidez de 3256.kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se identificó las características físicas de cal hidratada y el polvo de ladrillo, entre los cuales se obtuvo una densidad de  $2.74 \text{ gr/cm}^3$ , un peso unitario suelto de  $173.37 \text{ kg/m}^3$ , el peso unitario compactado de  $1484.10 \text{ kg/m}^3$ , con un contenido de humedad de  $135.47\%$  en relación a la cal hidratada. Asimismo, para el polvo de ladrillo su densidad obtuvo el valor de  $2.64 \text{ gr/cm}^3$ , en el caso del peso unitario suelto y compactado con un valor de  $130.48 \text{ kg/m}^3$ , y  $117.24 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente, el valor de contenido de humedad de  $211.08\%$ .
- Se determinó que las características mecánicas de la mezcla asfáltica patrón como peso unitario de  $2.40 \text{ gr/cm}^3$ , vacíos de  $4.5\%$  y VMA de  $15.1\%$ , VLLCA de  $70.5\%$ , relación polvo/asfalto de  $0.76$ , flujo de  $10.4 \text{ mm}$ , estabilidad de  $12.2 \text{ kn}$  y un factor de rigidez de  $3091.6 \text{ kg/cm}$ , mejoran en el diseño de la mezcla con un valor de  $5.8\%$ .
- Se analizó que la mejor incorporación de cal hidratada en la mezcla asfáltica es de  $8\%$ , obteniendo un contenido de C.A de  $5.8\%$ , peso unitario de  $2.39 \text{ gr/cm}^3$ , vacíos de  $3.5\%$ , VMA de  $14.9\%$ , VLLCA de  $77.3\%$ , relación polvo/asfalto de  $0.79$ , flujo de  $10.5 \text{ mm}$ , estabilidad de  $13 \text{ kn}$  y índice de rigidez de  $3208.8 \text{ kg/cm}$ .
- Se analizó que con un  $10\%$  de polvo de ladrillo en la mezcla asfáltica hacía que esta tenga un mejor rendimiento por lo que se consideró como la dosificación óptima, teniendo un contenido óptimo de C.A de  $5.8\%$ , peso unitario de  $2.39 \text{ gr/cm}^3$ , vacíos de  $3.5\%$  y VMA de  $15\%$ , VLLCA de  $78.1\%$ , relación polvo/asfalto de  $0.79$ , flujo de  $10.4 \text{ mm}$ , estabilidad de  $13 \text{ kn}$  y un factor de rigidez de  $3256 \text{ kg/cm}$ .
- Con los resultados alcanzados de la investigación se logró distinguir que la dosificación óptima fue de  $8\%$  de cal hidratada +  $10\%$  de polvo de ladrillo, teniendo este un buen desempeño en las mezclas asfálticas experimentadas de manera individual y a al mismo tiempo de la mezcla asfáltica convencional, adquiriendo un resultado efectivo en las propiedades conseguidas por el método Marshall.

## 4.2 Recomendaciones

- Realizar un determinado control de eficacia de los adheridos apropiables a la mezcla asfáltica con el propósito de observar si efectúan con el reglamento del EG-2013, y así adquirir una mezcla asfáltica con inestimables cualidades. Con la finalidad de lograr confiabilidad en las derivaciones terminales de la mezcla, asumiendo en consideración que las canteras de producción corresponden a un adecuado control de calidad.
- Se sugiere los estudios de los agregados a las mezclas asfálticas para optimizar su procedimiento debe ser estimulada, con el propósito de investigar actuales metodologías o utilidades que resuelvan los diferentes inconvenientes que se exhiben a lo desarrollado de la existencia válida de un pavimento.
- Por otro lado, es trascendental examinar otros agregados útiles en el mercado y su conmovión en las mezclas asfálticas, dado que alcanzan a poseer distintas particularidades que optimicen las características conseguidas mediante el método Marshall.
- Se recomienda que el equipo Marshall corresponderá estar calibrado y deberá considerarse un instrumento de gradación que oriente el medidor de flujo y de carga de resistencia no olvidando que deben estar en cero, para no tener ningún problema al tomar las lecturas máximas.
- Asimismo, evaluar a la mezcla asfáltica de control y experimental con una superior cuantía de pruebas los cuales proporcionen adquirir una excelente representación además de su procedimiento en relación a la infiltración y a cargas permanentes.



## REFERENCIAS

- [1] A. Al Ashaibi, Y. Wang, A. Albayati, J. Byzyka, M. Scholz and L. Weekes, "Thermal Properties of Hydrated Lime-Modified Asphalt Concrete and Modelling Evaluation for Their Effect on the Constructed Pavements in Service," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 13, 2022.
- [2] A. Albayati, Y. Wang and J. Haynes, "Size Effect of Hydrated Lime on the Mechanical Performance of Asphalt Concrete," *Materials*, vol. 15, no. 3715, 2022.
- [3] H. Behbahani, G. Hossein Hamedi and V. N. Moghaddam Gilani, "Predictive model of modified asphalt mixtures with nano hydrated lime to increase resistance to moisture and fatigue damages by the use of deicing agents.," *Construction and Building Materials*, vol. 265, p. 120353, 2020.
- [4] H. H. Mohamed, M. A. Yousif and H. H. Zghair, "MECHANICAL PERFORMANCES OF WARM ASPHALT MIXTURES CONTAINING WASTE FILLERS POWDERS," *Journal of Engineering Science and Technology*, no. 18234690, 2022.
- [5] N. Hamzah, N. Mat Yusof, A. Derahman and M. Mohamad, "Evaluation of hot mix asphalt mixtures design modified with hydrate lime," *Lecture Notes in Civil Engineering*, pp. 1493 - 1505, 2022.
- [6] R. M. Alfaqawi, A. Farid, S. B. A. Zaidi, G. D. Airey and A. Rahim, "Effect of hydrated lime and other mineral fillers on stiffening and oxidative ageing in bitumen mastic," *Construction and Building Materials*, vol. 315, no. 17, pp. 0950-0618, 2022.
- [7] D. M. Kusumawardani , A. Zulkati and Y. D. Wong , "Composite Effect of Fillers on Creep Characteristic of Asphalt Mixture," *International Journal of Pavement Research and Technology*, no. 19966814, 2022.
- [8] F. Preti, C. Accardo, B. C. Silva Gouveia, E. Romeo and G. Tebaldi, "Influence of high-surface-area hydrated lime on cracking performance of open-graded asphalt mixtures," *Road Materials and Pavement Design*, vol. 22, no. 11, pp. 2654 - 2660, 2021.
- [9] D. Lesueur, P. Métais, P. Pibis, S. E. Bedoui, H. Ruat, S. Bouron and F. Hammoum, "Improving the Durability of Asphalt Mixtures with Hydrated Lime: Field Results from Recent French Sections," *RILEM Bookseries*, vol. 27, no. 22110844, pp. 1047 - 1053, 2022.

- [10] E. A. Al-Hasan Mohammed, S. A. Mohamad, T. Tariq Khaled and A. Alzubaidi, "Study the Effect of Mineral Filler on the Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020.
- [11] Y. Chen, S. Xu, G. Tebaldi and E. Romeo, "Role of mineral filler in asphalt mixture," *Road Materials and Pavement Design*, vol. 14680629, 2022.
- [12] A. Texeira and D. Lesueur, "Impact of Different Fillers on the Properties of Asphalt Mixtures," *RILEM Bookseries*, no. 22110844, 2022.
- [13] J. F. Salazar , «Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2019.,» Lima, 2019.
- [14] J. Kollaros, E. Kalaitzaki and A. Athanasopoulou, "Using Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt Mixtures in Road Construction.," *American Journal of Engineering Research (AJER)*, vol. 6, no. 7, pp. 261-266, 2019.
- [15] J. L. Contreras Chavez, «Efecto de la incorporación de relleno mineral sobre las propiedades reológicas del asfalto en frío (Método Illinois),» Huancayo, 2020.
- [16] F. A. Machaca Masco, «Análisis e implementación de parámetros de calidad a la producción de las plantas asfálticas en caliente y su influencia en los pavimentos en la provincia de Arequipa,» Arequipa, 2019.
- [17] F. R. Zamora Castillo, «Influencia de la cal hidratada en mezclas asfálticas drenantes.,» 2019.
- [18] D. M. Chalco Pérez, «Desempeño de material de relleno (cal hidratada y cemento portland tipo 1p) y aditivo adherente (antistripping) ante el daño por humedad en la mezcla caliente convencional, mediante la metodología marshall y el ensayo aashto t 283, empleando agregados,» 2021.
- [19] J. Quispe Martinez, «Influencia de la adición de cal hidratada o cemento a la estabilidad y fluencia dentro del diseño de mezcla asfáltica en caliente, Pilcomayo 2018,» Huancayo, 2018.
- [20] G. S. Quispe Apaza, "Evaluación comparativa del desempeño de mezclas asfálticas convencional y con cal hidratada expuestas a humedad en climas fríos," Arequipa, 2021.

- [21] D. Arroyo Manrique y A. E. Jimenez Garamendi, «Diseño de mezcla asfáltica en caliente para superficie de rodadura de alto tránsito incorporando tereftalato de polietileno Lima 2022,» Lima, 2022.
- [22] J. R. Ramos Alzamora and R. D. M. Zamudio Rodríguez, Artists, *Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada, Av. San Diego, 2021.* [Art]. Universidad Cèsar Vallejo, 2022.
- [23] J. C. Hilcon Carrera y K. R. Ramírez Gálvez, «Elaboración de una mezcla asfáltica en frío almacenable para la reparación de pavimentos en el departamento de Lambayeque»,» Lambayeque, 2019.
- [24] H. Sen , D. Shihao , Y. Yuanyuan , L. Mengmei and L. Yamin , "Study on the effect of hydrated lime content and fineness on asphalt properties," *Construction and Building Materials*, vol. 244, 2020.
- [25] A. Khodaii, H. Kazemi Tehrani and H. Haghshenas, "Hydrated lime effect on moisture susceptibility of warm mix asphalt," *Construction & Building Materials*, vol. 36, pp. 165-170, 2020.
- [26] M. M. Iwański, "Effect of Hydrated Lime on Indirect Tensile Stiffness Modulus of Asphalt Concrete Produced in Half-Warm Mix Technology.," *Materials*, vol. 13, no. 21, pp. 1996-1944, 2022.
- [27] K. Kikut Cruz, A. Baldi y A. L. Elizondo Salas, «Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte,» *Infraestructura vial*, vol. 22, nº 39, pp. 12-19, 2020.
- [28] P. J. León Torres and D. N. Bermeo Varela, Artists, *Diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada mediante la adición de cal hidratada por vía seca.* [Art]. Universidad central del Ecuador, 2021.
- [29] M. I. Joohari, N. A. Aziz, N. M. Daud, S. Mansor and M. A. Abdul Halim, "Performance of porous asphalt pavement using clay brick dust as mineral filler.," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- [30] E. Chang, J. Villalta, C. Fernandez and G. Duran, "Improvement of physical, mechanical and strength behavior of cohesive soils with natural pozzolana and brick dust.," in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2020.

- [31] A. Wozzuk, M. Wróbel, L. Bandura and W. Franus, "Brick Debris Dust as an Ecological Filler and Its Effect on the Durability of Asphalt Mix.," *Materials*, vol. 13, no. 21, pp. 5023-5023, 2020.
- [32] J. R. Ramos Alzamora and R. D. M. Zamudio Rodríguez, "Estudio del comportamiento físico y mecánico del diseño de mezcla asfáltica en caliente adicionando cal hidratada, Av. San Diego, 2021," Lima, 2021.
- [33] F. L. Valera Nuñez, Artist, *Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el Polvo de Ladrillo Utilizado como Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica*. [Art]. Repositorio Institucional, 2019.
- [34] C. Xuanxuan, D. Andrew, Z. Junjian, T. Nick, G. Chengchao and Q. Lei, "Sensitivity analysis of pavement response to subgrade moisture variations.," *Journal of Building Engineering*, vol. 69, no. 106285, 2023.
- [35] J. Chen, Z. Li, Z. Zhao, X. Huang, J. Chen and Z. Liu, "Investigation on temperature shrinkage characteristics of the combined structure in asphalt pavement," *Frontiers in Materials*, no. 22968016, 2022.
- [36] A. K. Das and D. Singh, "Evaluating cracking resistance of nano-hydrated lime treated asphalt mastic using work of fracture," *International Journal of Pavement Engineering*, no. 10298436, 2022.
- [37] G. Gurunath, T. Tejaswini Lakshmi and K. Kranthi, "Estimation of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) characteristics using simple indicative tests," *Road Materials and Pavement Design*, vol. 23, no. 4, pp. 822-848, 2022.
- [38] D. Lesueur, P. Métais, P. Pibis, S. E. Bedoui, H. Ruat, S. Bouron and F. Hammoum, "Improving the Durability of Asphalt Mixtures with Hydrated Lime: Field Results from Recent French Sections," *RILEM Bookseries*, vol. 27, pp. 1047 - 1053, 2022.
- [39] M. J. Gonzales Seijas y K. d. I. I. Luquillas Alderete, «Evaluacion del comportamiento mecanico de la mezcla asfaltica en caliente mejorada con fibra acrilica respecto a la mezcla asfaltica convencional,» Lima, 2019.
- [40] J. Valentin , J. Trejbal , V. Nežerka , T. Valentová and M. Faltus , "Characterization of quarry dusts and industrial by-products as potential substitutes for traditional fillers and their impact on water susceptibility of asphalt concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 301, no. 124294, 2021.

- [41] S. Bouron, F. Hammoum, H. Ruat, P. Métais and D. Lesueur, "Improving the durability of asphalt mixtures with hydrated lime: Field results from highway A84," *Case Studies in Construction Materials*, no. 22145095, 2021.
- [42] N. Tiwari, N. Baldo, N. Satyam and M. Miani, "Mechanical Characterization of Industrial Waste Materials as Mineral Fillers in Asphalt Mixes: Integrated Experimental and Machine Learning Analysis," *Sustainability (Switzerland)*, no. 20711050, 2022.
- [43] F. J. Hurtado, «Fundamentos Metodológicos de la Investigación: El Génesis del Nuevo Conocimiento,» *Scientific*, vol. 5, nº 6, 2020.
- [44] T. C. Guetterman, S. Fàbregues and R. Sakakibara, "Visuals in joint displays to represent integration in mixed methods research: A methodological review," *Methods in Psychology*, vol. 5, no. 100080, 2021.
- [45] K. V. Kumari S, K. Lavanya, V. Vidhya, A. Premila and B. Lawrence, *Metodologia de la investigacion.*, vol. 1, Editores de Darshan, 2023.
- [46] C. L. Nagle, "A design framework for longitudinal individual difference research: Conceptual, methodological, and analytical considerations," *Research Methods in Applied Linguistics*, vol. 2, no. 1, pp. 2772-7661, 2023.
- [47] H. Snyder, «Literature review as a research methodology: An overview and guidelines,» *Journal of Business Research*, vol. 104, pp. 333-339, 2019.
- [48] A. Mehdi Riazi, H. Ghanbar and I. Fazel, "The contexts, theoretical and methodological orientation of EAP research: Evidence from empirical articles published in the Journal of English for Academic Purposes," *Journal of English for Academic Purposes*, vol. 48, no. 100925, 2020.
- [49] J. Gao, Q. H. Phu Pham and C. Polio, "The role of theory in quantitative and qualitative second language learning research: A corpus-based analysis," *Research Methods in Applied Linguistics*, vol. 1, no. 2, pp. 2772-7661, 2022.
- [50] M. Reed, M. Ferré, J. M. Ortega, R. Blanche, R. L. Rolfe, M. Dallimer and J. Holden, "Evaluating impact from research: A methodological framework," *Research Policy*, vol. 50, no. 4, 2021.
- [51] J. Gao, Q. H. Phu Pham and C. Polio, "The role of theory in structuring literature reviews in qualitative and quantitative research articles," *Journal of English for Academic Purposes*, vol. 63, no. 101243, pp. 1475-1585, 2023.

- [52] D. F. McCaffrey, "Volume 14: Quantitative Research and Educational Measurement," *International Encyclopedia of Education*, pp. 19-24, 2023.
- [53] F. Wagaw, E. Tucay Quezón and A. Geremew, "Evaluation of the Performance of Brick Dust as a Filler Material for Hot Asphalt Mix Design: A Case Study in Jimma Zone.," *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, vol. 7, pp. 64-72, 2019.
- [54] A. Chomicz Kowalska , K. Maciejewski , M. M. Iwanski and K. Janus , "Effects of zeolites and hydrated lime on volumetrics and moisture resistance of foamed warm mix asphalt concrete.," *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences.*, vol. 69, no. 2, pp. 1-9, 2021.
- [55] A. M. Awed, E. W. Tarbay, S. M. El-Badawy and A. M. Azam, "Performance characteristics of asphalt mixtures with industrial waste/by-product materials as mineral fillers under static and cyclic loading," *Road Materials and Pavement Design*, no. 14680629, 2022.

## **ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Carta de autorización para la recolección de información.....	84
<b>Anexo 1.1.</b> Carta de autorización para recolección de la información.....	85
<b>Anexo 2.</b> Instrumento de recolección de datos .....	86
<b>Anexo 2.1.</b> Formato e informes de laboratorio.....	87
<b>Anexo 2.1.1.</b> Informes de laboratorio del estudio de canteras .....	88
<b>Anexo 2.1.1.1</b> Informe de laboratorio del agregado fino, grueso y global – Análisis granulométrico de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe.....	89
<b>Anexo. 2.1.1.2.</b> Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo equivalente a la arena. .	90
<b>Anexo 2.1.1.3.</b> Informe de laboratorio del agregado fino- angularidad del agregado fino. ..	91
<b>Anexo 2.1.1.4.</b> Informe de laboratorio del agregado fino- limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad.....	92
<b>Anexo 2.1.1.5.</b> Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo de durabilidad (sulfato de magnesio) .....	93
<b>Anexo 2.1.1.6.</b> Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo de sales solubles totales.	94
<b>Anexo 2.1.1.7.</b> Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo de peso específico de masa y absorción.....	95
<b>Anexo 2.1.1.8.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de durabilidad.....	96
<b>Anexo 2.1.1.9.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de abrasión. ....	97
<b>Anexo 2.1.1.10.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de revestimiento y cubrimiento.....	98
<b>Anexo 2.1.1.11.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de partículas chatas y alargadas.....	99
<b>Anexo 2.1.1.12.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de porcentaje de caras fracturadas.....	100
<b>Anexo 2.1.1.13.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de sales solubles totales.....	101
<b>Anexo 2.1.1.14.</b> Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de peso específico de masa y absorción.....	102
<b>Anexo 2.2.</b> Informes del peso específico del cemento “QUISQUEYA” Tipo I.....	103
<b>Anexo 2.2.1.</b> Informe de peso específico del cemento Quisqueya – Tipo I.....	104

<b>Anexo 2.3.</b> Informes de laboratorio de los ensayos de la cal y el polvo de ladrillo .....	105
<b>Anexo 2.3.1.</b> Densidad de la cal hidratada .....	106
<b>Anexo 2.3.2.</b> Densidad del polvo de ladrillo.....	107
<b>Anexo 2.3.3.</b> Peso unitario suelto y compactado y contenido de humedad de la cal. ....	108
<b>Anexo 2.3.4.</b> Peso unitario suelto y compactado y contenido de humedad del polvo de ladrillo.....	109
<b>Anexo 2.4.</b> Informes de diseño de mezcla.....	110
<b>Anexo 2.4.1.</b> Diseño de mezcla patrón.....	111
<b>Anexo 2.4.2.</b> Diseño de mezcla patrón-ensayo de gravedad específica teórica máxima. .	112
<b>Anexo 2.4.3.</b> Diseño de mezcla patrón-Características Marshall.....	113
<b>Anexo 2.5.</b> Informes de diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada .....	114
<b>Anexo 2.5.1.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada .....	115
<b>Anexo 2.5.2.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada .....	116
<b>Anexo 2.5.3.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada-ASTM D2041.....	117
<b>Anexo 2.5.4.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada-características. ...	118
<b>Anexo 2.6.</b> Informes de diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo.....	119
<b>Anexo 2.6.1.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo.....	120
<b>Anexo 2.6.2.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo.....	121
<b>Anexo 2.6.3.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo-ASTM D2041..	122
<b>Anexo 2.6.4.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo-características Marshall.....	123
<b>Anexo 2.7.</b> Informes de diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo.....	124
<b>Anexo 2.7.1.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo.	125
<b>Anexo 2.7.2.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo-ASTM D2041.....	126
<b>Anexo 2.7.3.</b> Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo-características Marshall. ....	127
<b>Anexo 3.</b> Evidencias y procedimientos de ejecución .....	128
<b>Anexo 3.1.</b> Análisis granulométrico .....	129



<b>Anexo 3.2.</b> Contenido de humedad de los agregados .....	131
<b>Anexo 3.2.</b> Peso unitario suelto y compactado .....	132
<b>Anexo 3.2.1.</b> Peso unitario suelto .....	132
<b>Anexo 3.2.2.</b> Peso unitario compactado .....	132
<b>Anexo 3.3.</b> Equivalente a la arena, suelos y agregados finos.....	133
<b>Anexo 3.4.</b> Angularidad del agregado fino.....	134
<b>Anexo 3.5.</b> Índice de plasticidad.....	136
<b>Anexo 3.6.</b> Ensayo de durabilidad (Sulfato de magnesio) del agregado fino .....	137
<b>Anexo 3.7.</b> Ensayo de durabilidad (Sulfato de magnesio) del agregado grueso .....	138
<b>Anexo 3.8.</b> Sales solubles totales.....	139
<b>Anexo 3.8.1.</b> Sales solubles totales (agregado fino) .....	139
<b>Anexo 3.8. 2.</b> Sales solubles totales (agregado grueso).....	140
<b>Anexo 3.9.</b> Peso específico y absorción.....	140
<b>Anexo 3.9.1.</b> Peso específico y absorción del agregado fino.....	140
<b>Anexo 3.9.2.</b> Peso específico y absorción del agregado grueso.....	141
<b>Anexo 3.10.</b> Abrasión los ángeles (agregado grueso) .....	142
<b>Anexo 3.11.</b> Revestimiento y desprendimiento del agregado grueso (adherencia).....	143
<b>Anexo 3.12.</b> Partículas chatas y alargadas del agregado grueso .....	144
<b>Anexo 3.13.</b> Caras facturadas (agregado grueso) .....	145
<b>Anexo 3.14.</b> Ensayo al cemento.....	147
<b>Anexo 3.14.1.</b> Densidad .....	147
<b>Anexo 3.15.</b> Ensayo de cal hidratada .....	147
<b>Anexo 3.15.1.</b> Densidad.....	147
<b>Anexo 3.16.</b> Diseño de mezcla asfáltica patrón .....	148
<b>Anexo 3.17.</b> Definición e influencia del filler o relleno mineral .....	148
<b>Anexo 3.18.</b> Diseño de mezcla asfáltica con cal hidratada .....	154
<b>Anexo 3.19.</b> Diseño de mezcla asfáltica con polvo de ladrillo.....	157
<b>Anexo 3.20.</b> Diseño de mezcla asfáltica con % óptimo de cal hidratada + % óptimo de polvo de ladrillo. ....	161

<b>Anexo 3.20.1.</b> Contrastación de hipótesis (análisis estadístico).....	166
<b>Anexo 4.</b> Instrumento de validación estadística con criterio de jueces expertos y criterio muestra piloto .....	174
<b>Anexo 4.1.</b> Ficha de validación juez 1 .....	175
<b>Anexo 4.2.</b> Ficha de validación juez 2 .....	176
<b>Anexo 4.3.</b> Ficha de validación juez 3 .....	177
<b>Anexo 4.4.</b> Ficha de validación juez 4 .....	178
<b>Anexo 4.5.</b> Ficha de validación juez 5 .....	179
<b>Anexo 4.6.</b> Instrumentos de validación estadística .....	180
<b>Anexo 5.</b> Panel fotográfico .....	183
<b>Anexo 5.1.</b> Canteras de agregados estudio.....	184
<b>Anexo 5.2.</b> Materiales que se emplearon .....	185
<b>Anexo 5.3.</b> Ensayos de agregados.....	187
<b>Anexo 5.4.</b> Ensayos para la cal y el polvo de ladrillo .....	190
<b>Anexo 5.5.</b> Diseño de mezcla asfáltica patrón (se realizó el mismo procedimiento para los tres diseños, con cal hidratada y polvo de ladrillo). .....	193
<b>Anexo 5.6.</b> Propiedades mecánicas del asfalto .....	197
<b>Anexo 6.</b> Certificado de calibración de equipos.....	204
<b>Anexo 6.1.</b> Certificado de calibración de la balanza electrónica. ....	205
<b>Anexo 6.2.</b> Certificado de calibración de la balanza electrónica. ....	209
<b>Anexo 6.3.</b> Certificado de calibración de la balanza electrónica. ....	213
<b>Anexo 6.4.</b> Certificado de calibración del horno.....	217
<b>Anexo 6.5.</b> Certificado de la prensa Marshall. ....	222

## **ANEXO 1.**

# **Carta de autorización para la recolección de información**

## Anexo 1.1. Carta de autorización para recolección de la información



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

### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 01 de abril del 2023

Quien suscribe:

**Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar**

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS  
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica, usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral”.

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. AUTORIZO a la estudiante Venegas Tello Damaris identificado con DNI N° 75366083 y al estudiante Zuñiga Rodríguez Carlos Alberto identificado con DNI N° 73266295 estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán y autor del trabajo de investigación denominado “Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

Wilson Olaya Aguilar

DNI N°: 41437114

Tec. Ensayos de materiales y suelos

# **Anexo 2**

## **Instrumento de recolección de datos**

## **Anexo 2.1**

Formato e informes de laboratorio

## **Anexo 2.1.1. Informes de laboratorio del estudio de canteras**

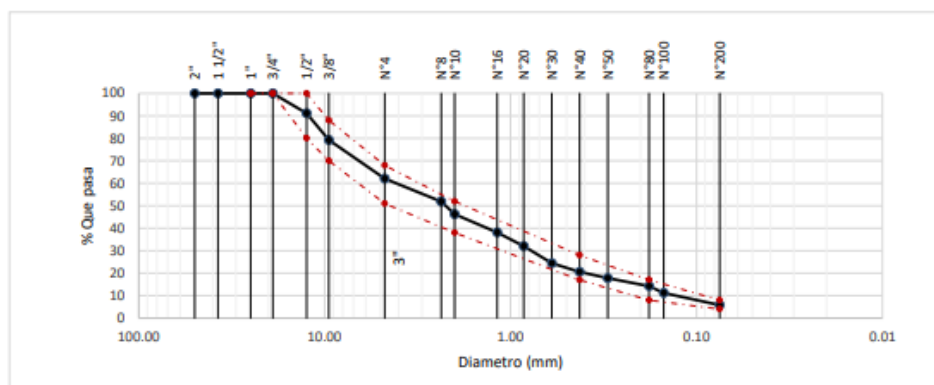
## Anexo 2.1.1.1 Informe de laboratorio del agregado fino, grueso y global– Análisis granulométrico de la cantera Tres Tomas-Ferreñafe.



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

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodríguez Carlos  
Proyecto / Tesis : Caracterización Mecánica de una mezcla asfáltica usando la cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.  
Ubicación : AV. Prolongacion Bolognesi Km 3.5  
Fecha de ensayo : 23/04/2023  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012  
Muestra : Dosificación de agregados para diseño de mezcla de asfalto.

Malla	45	54	1	100	GRADACIÓN	
						% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	MAC - 2
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	80.3	100.0	100.0	91.1	80 - 100
3/8"	9.500	53.8	100.0	100.0	79.2	70 - 88
Nº 4	4.750	15.7	100.0	100.0	62.1	51 - 68
Nº 8	2.360	8.9	86.8	100.0	51.8	
Nº 10	2.000	8.9	76.3	100.0	46.2	38 - 52
Nº 16	1.180	8.9	61.3	100.0	38.1	
Nº 20	0.850	8.9	50.0	100.0	32.0	
Nº 30	0.600	8.9	36.0	100.0	24.4	
Nº 40	0.425	8.9	28.9	100.0	20.6	17 - 28
Nº 50	0.300	8.9	23.7	100.0	17.8	
Nº 80	0.180	8.9	17.1	100.0	14.2	8 - 17
Nº100	0.150	8.9	11.5	100.0	11.2	
Nº200	0.075	8.9	1.5	100.0	5.8	4 - 8



### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**Anexo. 2.1.1.2.** Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo equivalente a la arena.

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos  
Proyecto-Tesis : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 26/04/2023  
ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.  
REFERENCIA : NTP 339.146:2000 (revisada el 2014)

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

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

<b>67</b>
-----------

OBSERVACIONES :

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

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

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

**Anexo 2.1.1.3.** Informe de laboratorio del agregado fino- angularidad del agregado fino.



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos  
Proyecto-Tesis : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 30/04/2023  
ENSAYO : ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO  
REFERENCIA : MTC E 222

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>ANGULARIDAD DE AGREGADO FINO %</b>
---------------------------------------

<b>42</b>
-----------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.4. Informe de laboratorio del agregado fino- limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad**

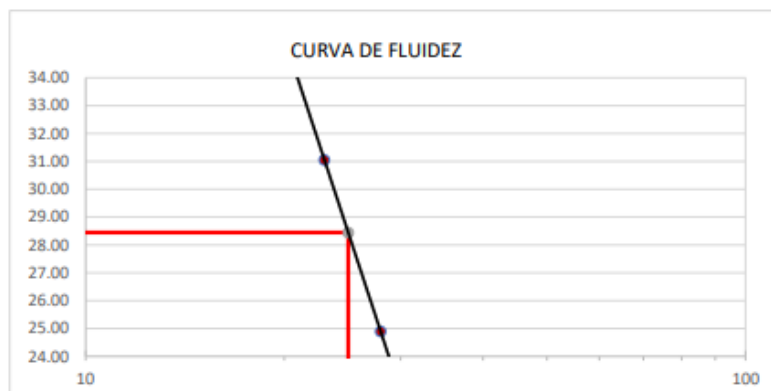
**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
 Zuñiga Rodriguez Carlos  
 Proyecto-Tesis : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 03/05/2023  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
 REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
Nº Tara					
Nº Golpe	28	23	18	-	-
% Humedad	24.90	31.05	38.76	26.61	26.22



Límite Líquido	28.4%
Límite Plástico	26.4%
Índice de Plasticidad	2.0%

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

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

**Anexo 2.1.1.5. Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo de durabilidad (sulfato de magnesio).**



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : 04/05/2023

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

REFERENCIA : NTP 400.016

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) %</b>	<b>9.4</b>
--	------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.6.** Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo de sales solubles totales.



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos  
Proyecto-Tesis : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 09/05/2023  
ENSAYO : SALES SOLUBLES TOTALES  
REFERENCIA : MTC E 219

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

Constituyentes de sales solubles totales (%)	500
Constituyentes de sales solubles totales (ppm)	0.05

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.7.** Informe de laboratorio del agregado fino- ensayo de peso específico de masa y absorción.

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : 11/05/2023

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

REFERENCIA : NTP. 400.022

Identificación:

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Pimentel – Lambayeque

<b>1.- PESO ESPECIFICO DE MASA</b>	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.645</b>
<b>2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>	%	<b>0.23</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

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



## Anexo 2.1.1.8. Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de durabilidad.



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

### **INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: Tesis "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL"

Ubicación : Chiclayo  
Fecha de ensayo : 19/05/2023

ENSAYO : Durabilidad

REFERENCIA : NTP 400.016

#### Identificación:

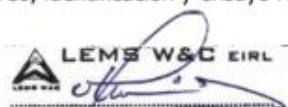
Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>DURABILIDAD (SULFATO DE MAGNESIO) %</b>	<b>2.8</b>
--	------------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 2.1.1.9. Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de abrasión.



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

### **INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 26/05/2023

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 400.019

#### Identificación:

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>% DE DESGASTE POR ABRASIÓN</b>	<b>13.72%</b>
-----------------------------------	---------------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "A", Nº de esferas : 12, Revoluciones : total 500





**Anexo 2.1.1.10.** Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de revestimiento y cubrimiento.



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 31/05/2023

ENSAYO : MEZCLAS BITUMINOSAS. Revestimiento y Desprendimiento de mezclas Agregado - Bitumen.

REFERENCIA : MTC E 517

Identificación:

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>REVESTIMIENTO (%)</b>	<b>100%</b>
<b>CUBRIMIENTO (%)</b>	<b>95%</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.11. Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de partículas chatas y alargadas.**



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
 Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : 03/06/2023

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.040

Identificación:

Muestra : Piedra Chancada                                  Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>6.5%</b>
--	-------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.12.** Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de porcentaje de caras fracturadas.



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : 06/06/2023

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo estandar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso.

REFERENCIA : MTC E 210.

Identificación:

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA</b>	<b>95.6%</b>
<b>PORCENTAJE CON 2 CARAS FRACTURADA</b>	<b>79.6%</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.13.** Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de sales solubles totales.



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 10/06/2023

ENSAYO : SALES SOLUBLES TOTALES

REFERENCIA : MTC E 219

Identificación:

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Tres tomas-Ferreñafe (ASFALPACA)

<b>Constituyentes de sales solubles totales (%)</b>	<b>633</b>
<b>Constituyentes de sales solubles totales (ppm)</b>	<b>0.06</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.1.1.14.** Informe de laboratorio del agregado grueso - ensayo de peso específico de masa y absorción.



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

**INFORME**

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto-Tesis: CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 15/06/2023

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

REFERENCIA : NTP. 400.022

Identificación:

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Pimentel – Lambayeque

<b>1.- PESO ESPECIFICO DE MASA</b>	(g/cm3)	<b>2.656</b>
<b>2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>	%	<b>0.68</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.2. Informes del peso específico del  
cemento “QUISQUEYA” Tipo I**

## Anexo 2.2.1. Informe de peso específico del cemento Quisqueya – Tipo I



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

### INFORME

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto / Obra : Tesis: Caracterizacion mecanica de una mezcla asfaltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.

Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5. Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Fecha de ensayo : viernes, 16 de junio de 2023

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier  
Termómetro digital  
Balanza digital

MATERIAL : Cemento , Tipo I

Masa de material cementicio	(gr)	64.000
Vol. Inicial kerosene	(ml)	0.00
Vol. Final desplazado kerosene	(ml)	20.65

PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.10
-------------------------	-----------------------	------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
  - Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
  - La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

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

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## **Anexo 2.3.**

Informes de laboratorio de los ensayos de la cal y  
el polvo de ladrillo



## Anexo 2.3.1. Densidad de la cal hidratada

### INFORME

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto / Obra : TESIS: Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.

Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5. Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Fecha de ensayo : domingo, 18 de junio de 2023

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LA CAL HIDRATADA

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier  
Termómetro digital  
Balanza digital

MATERIAL : Cemento , Tipo I

Masa de material cementicio	(gr)	50.030
Vol. Inicial kerosene	(ml)	0.000
Vol. Final desplazado kerosene	(ml)	18.250

PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.741
-------------------------	-----------------------	-------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
  - Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
  - La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

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

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

## Anexo 2.3.2. Densidad del polvo de ladrillo.

### INFORME

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto / Obra : TESIS: Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.

Ubicación : Prolong. Bolognesi Km 3.5. Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Fecha de ensayo : domingo, 18 de junio de 2023

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL POLVO DE LADRILLO

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier  
Termómetro digital  
Balanza digital

MATERIAL : Polvo de ladrillo

Masa de material cementicio	(gr)	50.000
Vol. Inicial kerosene	(ml)	0.000
Vol. Final desplazado kerosene	(ml)	18.900

PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.646
-------------------------	-----------------------	-------

#### OBSERVACIONES :

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

- El líquido utilizado es Kerosene.
- Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
- La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

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

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

### Anexo 2.3.3. Peso unitario suelto y compactado y contenido de humedad de la cal.



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

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL.

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : lunes, 19 de junio de 2023

Ensayo : Método de ensayo. Ensayos físicos de la cal viva, cal hidratada y piedra caliza  
Densidad suelta aparente de la cal hidratada, cal viva pulverizada y piedra caliza.  
Densidad compactada aparente de la cal hidrata, cal viva pulverizada y piedra caliza.

Referencia : ASTM C 110-15  
ASTM C-535 /N.T.P. 339.185

Material : Cal hidratada

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>405.88</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>172.37</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>135.47</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>3494.65</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1484.10</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>135.47</b>

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Anexo 2.3.4.** Peso unitario suelto y compactado y contenido de humedad del polvo de ladrillo.

Solicitante : Venegas Tello Damaris  
Zuñiga Rodriguez Carlos

Proyecto : CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL.

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de ensayo : lunes, 19 de junio de 2023

Ensayo : Agregados. Metodo de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) basada en la ASTM C29/C29M.  
Agregados. Metodo de ensayo normalizado para el contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Referencia : NTP 400.017.  
ASTM C-535 /N.T.P. 339.185

Material : Polvo de ladrillo

0

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>405.88</b>
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>130.48</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>211.08</b>

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>3662.10</b>
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>1177.24</b>
Contenido de Humedad	(%)	<b>211.08</b>

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## **Anexo 2.4. Informes de diseño de mezcla**

## Anexo 2.4.1. Diseño de mezcla patrón



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceir@gmail.com

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS

Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".

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

Fecha de ensayo : 20/06/2023

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltico Convencional.

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
					% pasa Material			100	100	91.10	79.20	62.10	46.20	20.60	14.20	5.80
N°	BRIQUETA				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.00			5.5			6			6.5	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					42.75			42.53			42.30			42.08	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30			51.03			50.76			50.49	
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.95			0.95			0.94			0.94	
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			1.018			1.018			1.018	
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.659			2.659			2.659			2.659	
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.645			2.645			2.645			2.645	
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					11.4			11.3			11.2			11.2	
9	Altura promedio de la briqueta cm					6.20										
10	Masa de la briqueta al aire (gr)				1175.80	1200.00	1198.68	1192.96	1185.58	1194.52	1189.07	1181.51	1200.00	1172.04	1172.65	1191.78
11	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)				1178.85	1200.05	1200.64	1191.00	1187.17	1193.00	1189.50	1182.00	1200.40	1175.00	1174.30	1192.36
12	Masa de la briqueta desplazada (gr)				677.51	691.96	686.27	691.66	692.49	687.51	693.80	691.72	709.94	676.79	664.43	690.47
13	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				501	508	514	499	495	505	496	490	490	498	510	502
14	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.345	2.362	2.330	2.389	2.397	2.363	2.399	2.410	2.447	2.353	2.300	2.375
15	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.452			2.478			2.539			2.408	
16	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.4	3.7	5.0	3.6	3.3	4.6	5.5	5.1	3.6	2.3	4.5	1.4
17	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.672			2.672		0.0	2.672			2.672	
18	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)					2.649			2.703			2.807			2.661	
19	Asfalto Absorbido por el Agregado					-0.33			0.44			1.83			-0.15	
20	% de Asfalto Efectivo					5.31			5.08			4.28			6.64	
21	Relación Polvo/Asfalto					0.9			0.9			0.7			1.1	
22	V.M.A.				16.6	16.0	17.1	15.5	15.2	16.4	15.6	15.2	13.9	17.7	19.5	16.9
23	% Vacios llenos con C.A.				73.7	76.9	71.0	77.0	78.6	71.9	64.6	66.5	73.8	86.9	76.9	91.7
24	Flujo 0,01"(0,25 mm)				9.5	9.9	9.7	8.2	10.9	11.7	9.8	11.1	10.4	11.6	10.6	11.2
25	Estabilidad sin corregir (Kg)				1269	1474	1690	1186	1275	1309	1198	1011	1120	1048	1326	1069
26	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.00	1.04	1.09	1.04	1.09	1.09	1.09	1.04	1.00	1.04
27	Estabilidad Corregida 27 * 28				1320	1533	1690	1233	1390	1361	1306	1102	1221	1090	1326	1112
28	Estabilidad / Flujo				3529	3933	4425	3821	3239	2955	3384	2522	2982	2387	3177	2521

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**Anexo 2.4.2.** Diseño de mezcla patrón-ensayo de gravedad específica teórica máxima.

**INFORME**

**Solicitante** : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
**Proyecto / Tesis** : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : 20/06/2023  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Convencional.

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

MUESTRA N°	01	02	03	04
<b>Matraz</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
1.- PESO DEL MATRAZ	642.3	642.3	642.3	642.3
2.- PESO DEL MATRAZ + AGUA (Tx)	2874.7	2874.7	2874.7	2874.7
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2059.8	2076.4	2086.9	2058.5
4.- PESO DEL MATRAZ + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>4056.0</b>	<b>4052.0</b>	<b>4085.0</b>	<b>4022.0</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>22.0</b>	<b>22.0</b>	<b>22.0</b>	<b>22.0</b>
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx)	0.99796	0.99796	0.99796	0.99796
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.1352	0.1352	0.1352	0.1352
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1996.2</b>	<b>1975.6</b>	<b>1998.1</b>	<b>1963.5</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	814.9	798.3	787.8	816.2
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.450</b>	<b>2.475</b>	<b>2.536</b>	<b>2.406</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.452</b>	<b>2.478</b>	<b>2.539</b>	<b>2.408</b>
<b>CONTENIDO % C.A.</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

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

### Anexo 2.4.3. Diseño de mezcla patrón- Características Marshall.



**LEMS W&C EIRL**

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

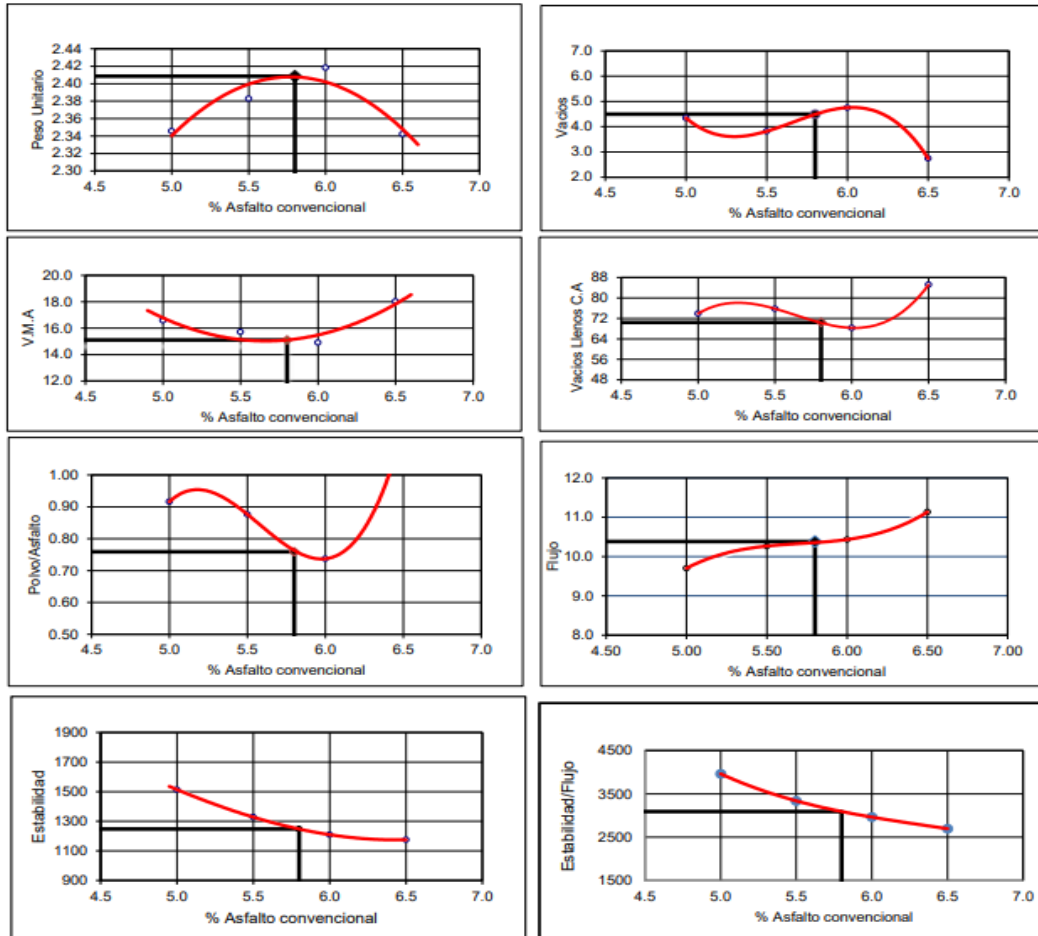
R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

#### INFORME

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
 Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha emisión : 21/06/2023

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Convencional.



#### CARACTERISTICAS MARSHALL

GOLPES	75	75
% C. A.	5.80	.
P. UNITARIO	2.409	.
VACIOS	4.5	3 - 5
V.M.A.	15.1	14.0
V. L.L.C.A.	70.5	.
PATRON/ ASFALTO	0.76	0.6 - 1.3
FLUJO	10.4	.8-14
ESTABILIDAD	12.2	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3091.6	1700 - 4000

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

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



**Anexo 2.5.** Informes de diseño de mezcla  
asfáltica convencional + cal hidratada

## Anexo 2.5.1. Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
 Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 22 de Junio del 2023.  
 Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltico Convencional + Cal Hidratada.

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Cal	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
%	45.00	0.04	54.00	0.96	100.00							100	100	90.65	79.50	65.24	46.63	19.31	12.07	6.19	
N°	Piedra	Cal	Arena	Filler	Total	% pasa Material						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
	45.00	0.08	54.00	0.92	100.00							100	100	90.65	79.50	65.24	46.63	19.31	12.07	6.19	
	BRIQUETA					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6				
1	% C.A. en masa de la Mezcla						5.80						5.8								
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						42.39						42.39								
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						50.87						50.87								
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.90						0.87								
5	% Cal						0.02						0.05								
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.018						1.018								
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc						2.659						2.659								
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.645						2.645								
9	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.15						3.15								
10	Peso Especifico del la Cal gr/cc						2.22						2.22								
11	Altura promedio de la briqueta cm																				
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1196.54	1198.41	1197.39	1200.01	1198.74	1195.84	1199.38	1200.95	1196.45	1198.62	1200.00	1197.84				
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)					1201.41	1202.56	1207.26	1207.05	1199.72	1197.77	1205.42	1201.16	1197.79	1198.76	1202.23	1197.95				
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					704.50	703.00	706.18	706.13	699.27	699.32	704.33	701.40	700.85	698.00	700.00	698.00				
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					497	500	501	501	500	498	501	500	497	501	502	500				
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.408	2.399	2.390	2.396	2.395	2.399	2.394	2.403	2.408	2.394	2.389	2.396				
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.481						2.483								
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					2.9	3.3	3.7	3.4	3.5	3.3	3.6	3.2	3.0	3.6	3.8	3.5				
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)						2.655						2.654								
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)						2.722						2.724								
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.95						1.00								
22	% de Asfalto Efectivo						4.91						4.86								
23	Relación Polvo/Asfalto						0.8						0.8								
24	V.M.A.					14.6	14.9	15.2	15.0	15.0	14.9	15.1	14.7	14.6	15.1	15.2	15.0				
25	% Vacios llenos con C.A.					79.8	77.8	75.8	77.1	77.0	77.9	76.1	78.1	79.2	76.1	75.1	76.6				
26	Flujo 0.01"(0.25 mm)					10.2	9.9	10.0	9.9	10.0	10.1	10.5	9.9	10.0	11.0	10.9	10.9				
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1269	1274	1247	1286	1274	1297	1288	1293	1289	1264	1257	1269				
28	Factor de estabilidad					1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04				
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1320	1325	1297	1337	1325	1349	1340	1345	1341	1315	1307	1320				
30	Estabilidad / Flujo					3286	3399	3294	3431	3365	3392	3240	3450	3405	3035	3046	3075				

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 2.5.2. Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS

Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".

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

Fecha de ensayo : Jueves, 22 de Junio del 2023.

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltico Convencional + Cal Hidratada.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceiri@gmail.com

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Cal	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
%	45.00	0.12	54.00	0.88	100.00							100	100	90.65	79.50	65.24	46.63	19.31	12.07	6.19	
	Piedra	Cal	Arena	Filler	Total	% pasa Material						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
	45.00	0.16	54.00	0.84	100.00							100	100	90.65	79.50	65.24	46.63	19.31	12.07	6.19	
N°	BRIQUETA					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6				
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.80						5.8									
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					42.39						42.39									
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					50.87						50.87									
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.83						0.79									
5	% Cal					0.07						0.09									
6	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018						1.018									
7	Peso Específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.659						2.659									
8	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.645						2.645									
9	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15						3.15									
10	Peso Específico del la Cal gr/cc					2.22						2.22									
11	Altura promedio de la briqueta cm																				
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1196.54	1198.41	1197.39	1200.01	1198.74	1195.84	1199.38	1200.95	1197.45	1198.62	1200.07	1197.84				
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)					1202.41	1202.56	1201.26	1207.05	1199.72	1197.73	1205.42	1203.00	1197.79	1198.76	1201.23	1198.95				
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					704.50	703.00	702.18	707.13	699.27	699.32	704.33	702.77	698.05	699.95	701.21	699.32				
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					498	500	499	500	500	498	501	500	500	499	500	500				
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.403	2.399	2.399	2.400	2.395	2.399	2.394	2.401	2.396	2.403	2.400	2.397				
17	Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.481						2.480									
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					3.1	3.3	3.3	3.3	3.5	3.3	3.5	3.2	3.4	3.1	3.2	3.3				
19	Peso Específico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.653						2.652									
20	Peso Específico Efectivo Agregado total (Gse)					2.722						2.720									
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.98						0.97									
22	% de Asfalto Efectivo					4.88						4.89									
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8						0.8									
24	V.M.A.					14.8	14.9	14.9	14.9	15.0	14.9	15.1	14.8	15.0	14.7	14.8	14.9				
25	% Vacíos llenos con C.A.					78.7	77.7	77.8	78.1	76.9	77.9	77.0	78.4	77.5	79.0	78.2	77.8				
26	Flujo 0,01"(0.25 mm)					10.0	10.5	9.9	10.5	10.1	10.0	10.2	9.9	9.7	10.0	10.9	10.0				
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1269	1274	1247	1286	1274	1297	1288	1293	1289	1264	1257	1269				
28	Factor de estabilidad					1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04				
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1320	1325	1297	1337	1325	1349	1340	1345	1341	1315	1307	1320				
30	Estabilidad / Flujo					3352	3205	3327	3235	3332	3426	3336	3450	3510	3339	3046	3352				

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante



## Anexo 2.5.3. Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada-ASTM D2041.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

### INFORME

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS

Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".

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

Fecha de ensayo : Viernes, 23 de Junio del 2023.

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Convencional + Cal Hidratada.

#### ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

MUESTRA N°	1	2	3	4
	2	1	2	1
1.- PESO DEL MATRAZ	601.0	739.0	601.0	739.0
2.- PESO DEL MATRAZ + AGUA (Tx)	2888.4	2977.2	2888.3	2977.1
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2404.5	2493.7	2404.4	2493.0
4.- PESO DEL MATRAZ + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3604.5</b>	<b>3693.7</b>	<b>3604.4</b>	<b>3693.0</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.5</b>	<b>24.5</b>	<b>24.6</b>	<b>24.6</b>
6.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx)	0.99739	0.99739	0.99736	0.99736
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0395	0.0395	0.0358	0.0358
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	483.9	483.5	483.9	484.1
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.480</b>	<b>2.482</b>	<b>2.480</b>	<b>2.479</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.481</b>	<b>2.483</b>	<b>2.481</b>	<b>2.480</b>
<b>CONTENIDO % CAL</b>	<b>4.0</b>	<b>8.0</b>	<b>12.0</b>	<b>16.0</b>

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

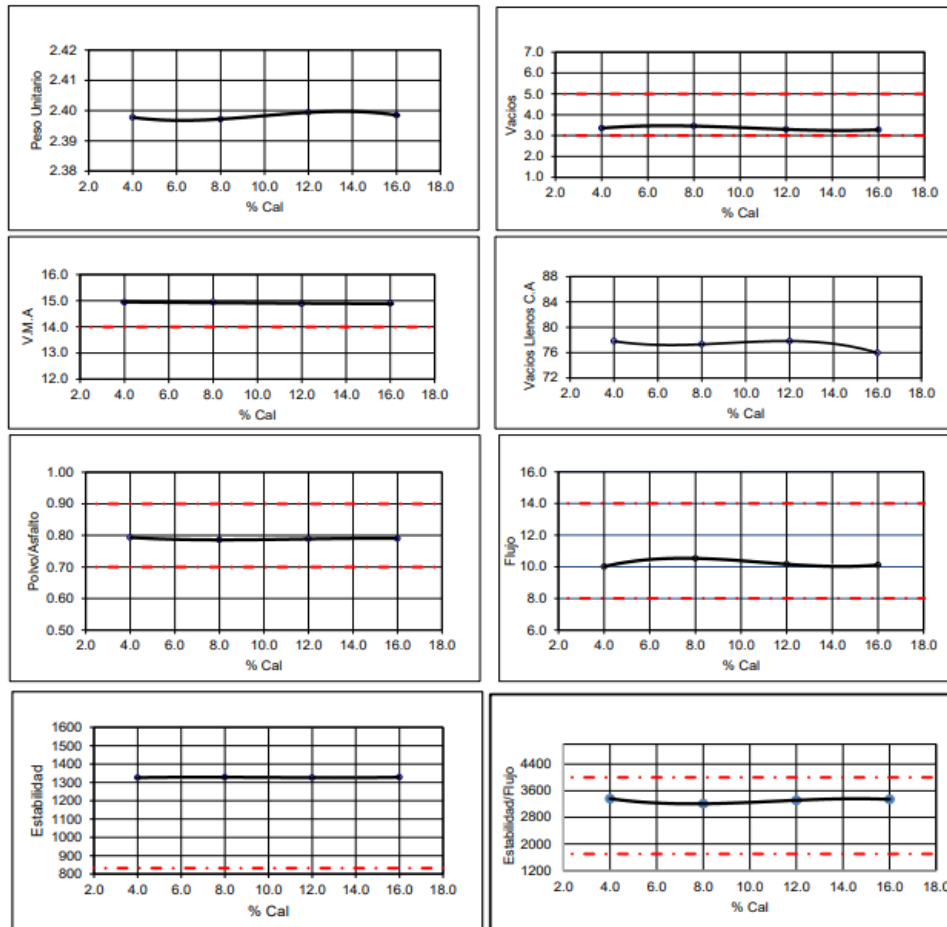
  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

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

## Anexo 2.5.4. Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada-características.

### INFORME

**Solicitante** : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
**Proyecto / Tesis** : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : Viernes, 23 de Junio del 2023.  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltico Convencional + Cal Hidratada.



CARACTERISTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	75
% CAL	8.0	
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.397	
VACIOS	3.5	3 - 5
V.M.A	14.9	14.0
V. LL.C.A.	77.3	
CAL / ASFALTO	0.79	0.6 - 1.3
FLUJO	10.5	8-14
ESTABILIDAD	13.0	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3208.8	1700 - 4000

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Anexo 2.6.** Informes de diseño de mezcla  
asfáltica convencional + polvo de ladrillo.



## Anexo 2.6.1. Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
 Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Lunes, 26 de Junio del 2023.  
 Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica convencional + Polvo de ladrillo

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Polvo Ladrillo	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
%	45.00	0.04	54.00	0.96	100.00	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
N°	Piedra	Polvo Ladrillo	Arena	Filler	Total	% pasa Material											
	45.00	0.07	54.00	0.93	100.00	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
	<b>BRIQUETA</b>					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	% C.A. en masa de la Mezcla						5.80						5.8				
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						42.39						42.39				
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						50.87						50.87				
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.90						0.88				
5	% Polvo de Ladrillo						0.02						0.04				
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.018						1.018				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.659						2.659				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.645						2.645				
9	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.15						3.15				
10	Peso Especifico del Polvo de Ladrillo gr/cc						2.363						2.363				
11	Altura promedio de la briqueta cm																
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1196.50	1198.41	1197.39	1200.00	1197.74	1195.84	1199.37	1200.95	1197.45	1198.62	1200.07	1197.84
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)					1202.38	1202.50	1207.26	1207.05	1199.72	1197.73	1205.40	1201.16	1198.77	1199.76	1200.20	1198.95
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					704.50	703.00	706.18	707.13	699.27	699.32	704.33	701.31	700.82	699.95	701.21	701.22
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					498	500	501	500	500	498	501	500	498	500	499	498
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.403	2.399	2.390	2.400	2.393	2.399	2.394	2.403	2.405	2.398	2.405	2.407
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.480	2.398					2.481	2.402			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					3.1	3.3	3.7	3.2	3.5	3.3	3.5	3.2	3.1	3.3	3.1	3.0
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)						2.655	3.3					2.654	3.2			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)						2.721						2.722				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						0.94						0.96				
22	% de Asfalto Efectivo						4.92						4.90				
23	Relación Polvo/Asfalto						0.8						0.8				
24	V.M.A.					14.8	14.9	15.2	14.9	15.1	14.9	15.1	14.7	14.7	14.9	14.6	14.6
25	% Vacios llenos con C.A.					78.9	78.0	76.0	78.3	76.7	78.0	76.7	78.6	79.1	77.6	79.1	79.5
26	Flujo 0.01"(0.25 mm)					9.8	8.9	9.5	9.7	9.2	10.0	9.5	9.9	9.7	9.9	10.9	10.4
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1229	1214	1207	1226	1234	1257	1258	1253	1259	1244	1247	1249
28	Factor de estabilidad					1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1278	1263	1255	1275	1283	1307	1308	1303	1309	1294	1297	1299
30	Estabilidad / Flujo					3313	3603	3356	3339	3543	3320	3498	3343	3429	3319	3022	3172

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante



## Anexo 2.6.2. Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS

Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".

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

Fecha de ensayo : Miércoles, 28 de Junio del 2023.

Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica convencional + Polvo de ladrillo

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceir@gmail.com

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Polvo Ladrillo	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM											
						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
%	45.00	0.10	54.00	0.90	100.00	100	100	90.65	79.50	65.24	46.63	19.31	12.07	6.19			
N°	Piedra	Polvo Ladrillo	Arena	Filler	Total	% pasa Material											
	45.00	0.13	54.00	0.87	100.00	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
	BRIQUETA					1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	% C.A. en masa de la Mezcla					5.80					5.8						
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					42.39					42.39						
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					50.87					50.87						
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla					0.85					0.82						
5	% Cal					0.06					0.07						
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018					1.018						
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.659					2.659						
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.645					2.645						
9	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15					3.15						
10	Peso Especifico del Cemento Cal (Aparente) gr/cc					2.363					2.363						
11	Altura promedio de la briqueta cm																
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1194.52	1192.70	1197.39	1199.08	1198.58	1195.83	1199.38	1200.89	1197.50	1197.62	1199.99	1196.82
13	Masa de la briqueta al agua por 60 (gr)					1201.41	1202.58	1203.67	1207.36	1199.72	1196.84	1205.41	1201.13	1197.67	1199.60	1200.23	1197.88
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)					704.50	703.10	706.54	707.10	696.27	698.20	704.33	700.31	700.85	701.90	701.18	699.22
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					497	499	497	500	503	499	501	501	497	498	499	499
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.404	2.388	2.409	2.397	2.381	2.398	2.394	2.398	2.410	2.406	2.405	2.400
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.483	2.396					2.482	2.402				
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					3.2	3.8	3.0	3.4	4.1	3.4	3.6	3.4	2.9	3.0	3.1	3.3
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)					2.653	3.5					2.653	3.2				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)					2.724						2.723					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.99						0.99					
22	% de Asfalto Efectivo					4.86						4.87					
23	Relación Polvo/Asfalto					0.8						0.8					
24	V.M.A.					14.7	15.3	14.6	15.0	15.5	14.9	15.1	14.9	14.5	14.6	14.6	14.9
25	% Vacios llenos con C.A.					78.5	75.0	79.6	77.0	73.6	77.3	76.5	77.3	80.2	79.2	78.7	77.8
26	Flujo 0.01*(0.25 mm)					10.7	10.9	11.0	10.0	9.9	9.7	9.5	9.9	9.7	10.0	10.9	10.5
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1267	1273	1247	1286	1274	1297	1228	1222	1259	1264	1255	1270
28	Factor de estabilidad					1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1318	1324	1297	1337	1325	1349	1277	1271	1309	1315	1305	1321
30	Estabilidad / Flujo					3128	3085	2995	3397	3399	3532	3415	3261	3429	3339	3041	3195

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante

WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**Anexo 2.6.3.** Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo-ASTM D2041.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

**INFORME**

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS

Proyecto / Tesis : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".

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

Fecha de ensayo : Jueves, 29 de Junio del 2023.

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional + Polvo de ladrillo

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

MUESTRA N°	1	2	3	4
	2	1	2	1
1.- PESO DEL MATRAZ	601.0	739.0	601.0	739.0
2.- PESO DEL MATRAZ + AGUA (Tx)	2888.4	2977.2	2888.6	2977.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2404.4	2493.3	2405.0	2493.3
4.- PESO DEL MATRAZ + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3604.4</b>	<b>3693.3</b>	<b>3605.0</b>	<b>3693.3</b>
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>24.5</b>	<b>24.5</b>	<b>24.4</b>	<b>24.7</b>
6.- dw (PESO UNITARIA DEL AGUA A Tx)	0.99739	0.99739	0.99742	0.99734
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0395	0.0395	0.0449	0.0322
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	484.0	483.9	483.6	483.7
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.479</b>	<b>2.480</b>	<b>2.481</b>	<b>2.481</b>
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.480</b>	<b>2.481</b>	<b>2.483</b>	<b>2.482</b>
<b>CONTENIDO % POLVO DE LADRILLO</b>	<b>4.0</b>	<b>7.0</b>	<b>10.0</b>	<b>13.0</b>

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

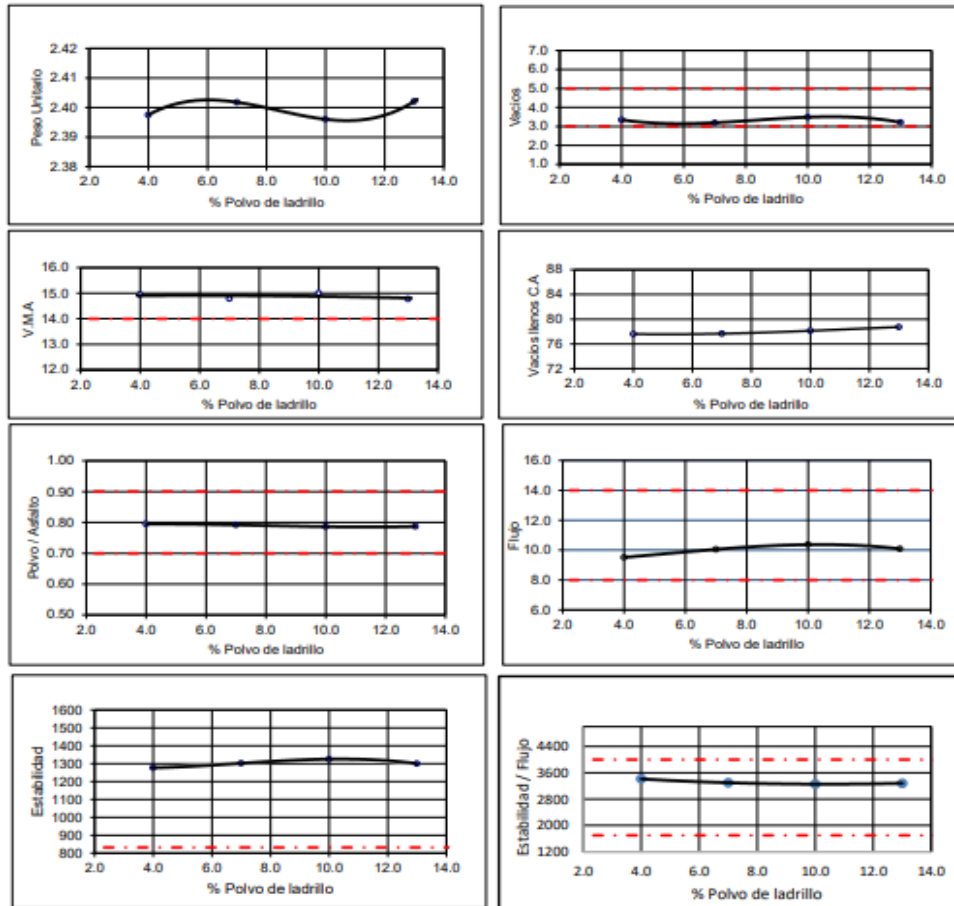
  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

## Anexo 2.6.4. Diseño de mezcla asfáltica convencional + polvo de ladrillo-características Marshall.

### INFORME

**Solicitante** : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
**Proyecto / Tesis** : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : Viernes, 30 de Junio del 2023.

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional + Polvo de ladrillo



#### CARACTERISTICAS MARSHALL

GOLPES	75	75
% POLVO DE LADRILLO	10.0	
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.396	
VACIOS	3.5	3 - 5
V.M.A.	15.0	14.0
V. LL.C.A.	78.1	
POLVO / ASFALTO	0.79	0.6 - 1.3
FLUJO	10.4	.8-14
ESTABILIDAD	13.0	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3256.0	1700 - 4000

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Anexo 2.7.** Informes de diseño de mezcla  
asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de  
ladrillo.

## Anexo 2.7.1. Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswycer@gmail.com

Solicitante : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
 Proyecto / Obra : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Domingo, 02 de Julio del 2023  
 Diseño Asfáltico : Mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo

### INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Polvo Ladrillo	Cal	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
%	45.00	0.10	0.08	54.00	0.82	100.00	100	100	90.65	79.50	65.24	46.63	19.31	12.07	6.19				
N°	BRIQUETA						1	2	3	4	5	6							
1	% C.A. en masa de la Mezcla						5.80												
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						42.39												
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						50.87												
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla						0.77												
5	% Polvo de Ladrillo						0.06												
	% Cal						0.04												
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.018												
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						2.659												
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.645												
9	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						3.15												
10	Peso Especifico del Polvo de Ladrillo g/cc						2.363												
11	Peso Especifico del Cal g/cc						2.22												
12	Masa de la briqueta al aire (gr)						1200.12	1201.02	1198.79	1201.21	1198.24	1200.04							
13	Masa de la briqueta al agua por 60'(gr)						1202.00	1201.00	1209.00	1207.40	1201.20	1212.00							
14	Masa de la briqueta desplazada (gr)						699.99	704.10	700.00	710.10	712.20	721.01							
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)						502	497	509	497	489	491							
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)						2.391	2.417	2.355	2.415	2.450	2.444							
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.507												
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)						4.7	3.6	6.1	3.7	2.3	2.5							
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total (Gsb)						2.654												
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total (Gse)						2.755												
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						1.41												
22	% de Asfalto Efectivo						4.48												
23	Relación Polvo/Asfalto						0.7												
24	V.M.A.						15.3	14.3	16.6	14.4	13.2	13.4							
25	% Vacios llenos con C.A.						69.6	74.9	63.4	74.6	82.8	81.2							
26	Flujo 0.075(0.25 mm)						10.2	10.4	10.5	10.6	10.3	10.6							
27	Estabilidad sin corregir (Kg)						1245	1217	1204	1241	1204	1185							
28	Factor de estabilidad						1.04	1.04	1.00	1.04	1.09	1.09							
29	Estabilidad Corregida 27 * 28						1295	1266	1204	1291	1312	1292							
30	Estabilidad / Flujo						3212	3094	2910	3093	3236	3095							

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**Anexo 2.7.2.** Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo-ASTM D2041.

**INFORME**

**Solicitante** : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
**Proyecto / Obra** : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de ensayo** : Domingo, 02 de Julio del 2023

**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)				
MUESTRA N°	01	02	03	04
No Matraz	2			
1.- PESO DEL FRASCO	601.0			
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA (Tx)	2887.7			
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 08 )	2408.9			
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA (Tx)	<b>3608.9</b>			
5.- TEMPERATURA DE ENSAYO (Tx)	<b>25.0</b>			
6.- dw (PESO UNTARIA DEL AGUA A Tx )	0.99726			
7.- H (CORRECCIÓN POR EXPANSIÓN TÉRMICO ASFALTO)	0.0215			
8.- PESO NETO DE LA MUESTRA	<b>1200.0</b>			
9.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	478.8			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 8 ) / ( 9 ) (Tx)	<b>2.506</b>			
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (T25°C)	<b>2.507</b>			
<b>CONTENIDO POLVO DE LADRILLO 10% + Cal 8%.</b>	<b>18.0</b>			

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

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

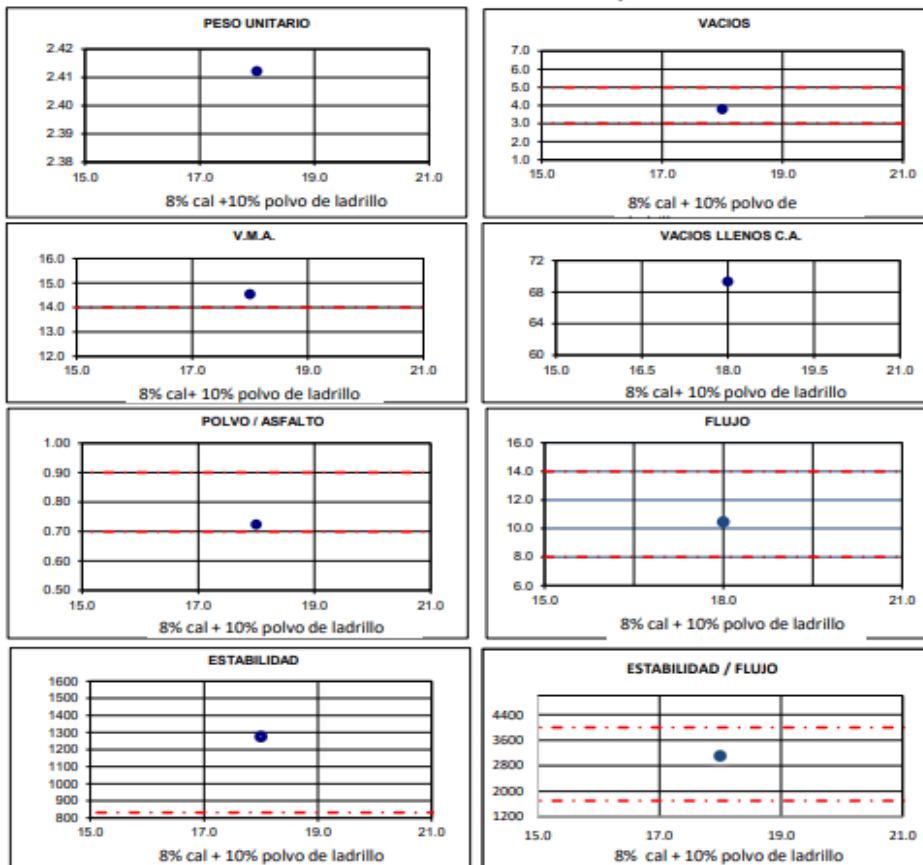
  

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

### Anexo 2.7.3. Diseño de mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo-características Marshall.

#### INFORME

**Solicitante** : VENEGAS TELLO DAMARIS  
 ZUÑIGA RODRIGUEZ CARLOS  
**Proyecto / Obra** : TESIS "CARACTERIZACION MECANICA DE UNA MEZCLA ASFALTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : Lunes, 03 de Julio del 2023  
**Diseño Asfáltico** : Mezcla asfáltica convencional + cal hidratada + polvo de ladrillo



#### CARACTERISTICAS MARSHALL

GOLPES	75	75
% Cal	8.0	
%Polvo de ladrillo	10.0	
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.412	
VACIOS	3.79	3 - 5
V.M.A.	14.5	14.0
V. LL.C.A.	69.3	
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3
FLUJO	10.4	8-14
ESTABILIDAD	12.51	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3256.0	1700 - 4000

#### Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**ANEXO 3.**

**Evidencias y procedimientos de  
ejecución**

## Anexo 3.1. Análisis granulométrico

### Agregado fino

Una vez realizada la obtención de muestras de los áridos, se efectuó el cuarteo del agregado fino de manera homogénea, para ello se extrajo una muestra representativa del material de las canteras en estudio y de esta manera poder ejecutar el ensayo granulométrico.

Los resultados demostraron que el análisis granulométrico, permitió obtener el módulo de fineza de dicho agregado, el cual se calcula sumando cada uno de los valores del material retenido, el mismo que se expresa en porcentaje y seguidamente se divide entre cien, en consecuencia, se obtuvo la finura del material ya mencionado. Dando como resultado que el agregado fino de la cantera "Tres tomas" tiene un módulo de fineza de 3.1 y cómo se sabe según la norma ASTM C33, por lo que el agregado fino de esta cantera se tomará en cuenta para los posteriores estudios a realizar en esta investigación.

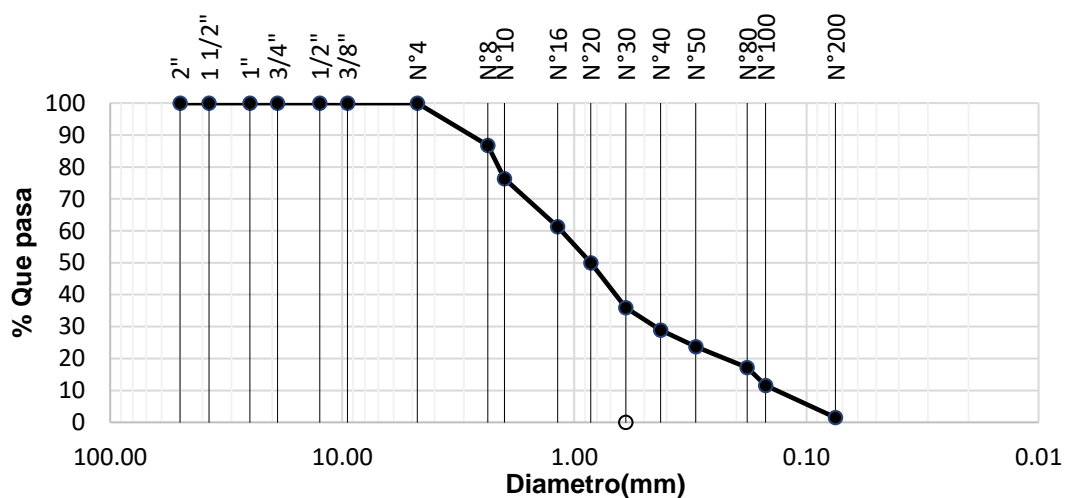


Fig. 31. Curva granulométrica del agregado fino

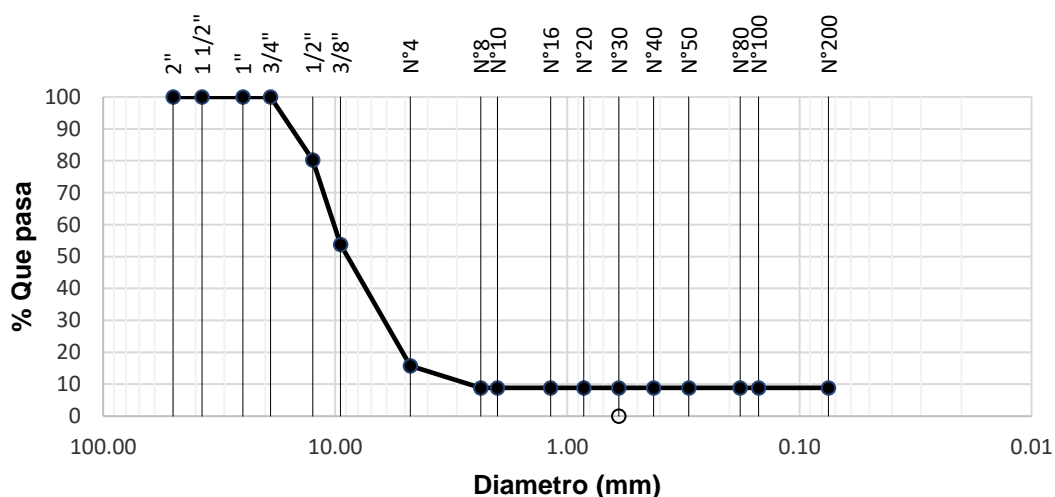
Se muestra la curva granulométrica del árido fino obtenido de la cantera La Tres Tomas, Ferreñafe, dónde la granulometría está dentro de los límites mínimos y máximos establecidos según la NTP 400.037 y 400.012.



## Agregado grueso

Una vez realizada la obtención de muestras de las canteras, se efectuó el cuarteo del mismo, de manera homogénea al igual que en el agregado fino, en consecuencia, luego del cuarteo se extrajo una cantidad de árido grueso representativa para poder ejecutar el ensayo granulométrico de cada una de las canteras en estudio.

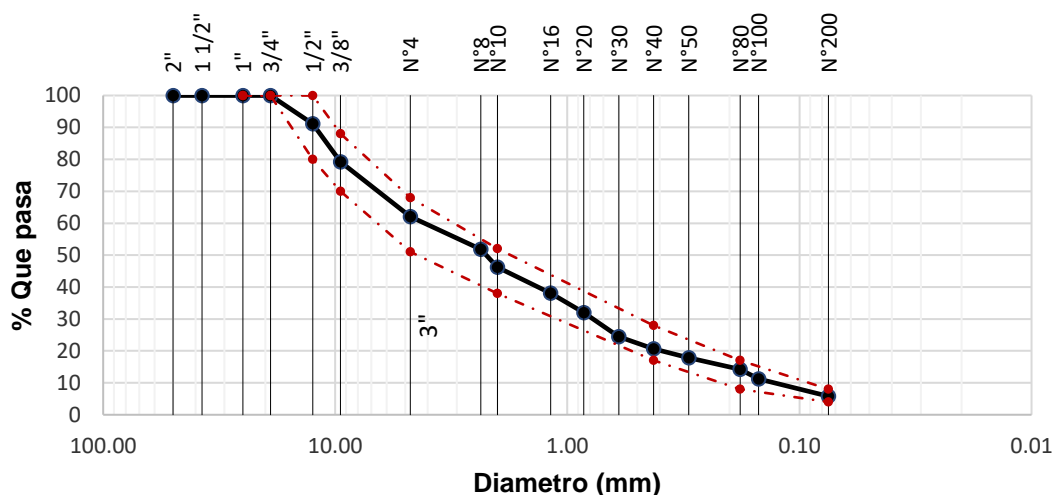
Los resultados demostraron que la cantera "Tres tomas", cumplió con los límites mínimos y máximos (Fig. 31) dentro de los parámetros establecidos por la normativa ya mencionada. Este ensayo a su vez dio a conocer el tamaño máximo (TM) del árido grueso siendo éste de 3/4", y el tamaño máximo nominal (TMN) de 1/2"



**Fig. 32.** Curva granulométrica del agregado grueso

Se muestra la curva granulométrica del árido grueso obtenido de la cantera Tres Tomas, dónde la granulometría está dentro de los límites mínimos y máximos establecidos según la NTP 400.037 y 400.012.

Como podemos observar en la (Fig.32.) se presenta la curva granulométrica combinada del agregado fino y grueso. Con los valores alcanzados de los ensayos granulométricos del árido fino y grueso, se determinó que la cantera "Tres Tomas". Posteriormente se procedió a ejecutar los ensayos de contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, finalmente el peso específico y absorción.



**Fig. 33.** Curva granulométrica combinada (agregado fino y grueso)

### Anexo 3.2. Contenido de humedad de los agregados

Para este ensayo seleccionó y pesó una muestra de los agregados (fino y grueso) en su estado natural húmedo, es decir tal cómo se trajo de la cantera, y luego se colocó en el horno por un periodo de 24 horas, teniendo en cuenta que la temperatura del horno debe estar entre  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , y de esta manera pasado el tiempo establecido, se procedió a pesar la muestra en estado seco, para finalmente obtener el contenido de humedad, es así que los valores alcanzados se detallan en la Tabla 17.

**Tabla XVII.**

Contenido de humedad del agregado fino y grueso

Agregados	Contenido de humedad (%)
Agregado fino (arena)	0.70
Agregado grueso (grava)	0.25

Nota. Ensayo realizado a la arena y grava de la cantera "Tres Tomas" Como se puede observar, la arena alcanzó un 0.70% de contenido de humedad, mientras que la grava 0.25%.

## **Anexo 3.2. Peso unitario suelto y compactado**

### **Anexo 3.2.1. Peso unitario suelto**

Según la norma NTP 400.017, para realizar este ensayo, es necesario utilizar un molde cilíndrico, el cual se pasará por un proceso de pesado y luego será llenado con el agregado correspondiente sin ejercer ninguna presión, una vez que esté lleno nuevamente se procede a pesar, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla XVIII.**

Peso unitario suelto húmedo y seco de los agregados (fino y grueso)

<b>Ensayos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
Peso unitario suelto húmedo	Kg/m <sup>3</sup>	1563.32	1330.98
Peso unitario suelto seco	Kg/m <sup>3</sup>	1551.28	1329.30
Contenido de humedad	%	0.70	0.25

Nota. Ensayo realizado a la arena y grava de la cantera “Tres Tomas”

Se observa en la tabla 18 los valores de peso unitario suelto húmedo y seco del árido fino y grueso, obteniendo como resultado para la arena un peso unitario suelto húmedo 1563.32 Kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario suelto seco de 1551.28 Kg/m<sup>3</sup> y para la grava 1329.30 Kg/m<sup>3</sup> y 1329.30 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

### **Anexo 3.2.2. Peso unitario compactado**

En el caso de este ensayo, considerando la norma NTP 400.017 se utilizó un molde cilíndrico el cual fue pesado y luego llenado con el árido correspondiente en 3 capas, las capas deben ser proporcionales entre sí, y se debe ir compactando con 25 golpes en cada capa, para posteriormente pesar el molde más el agregado que previamente ya ha sido compactado. De esta manera se tienen los siguientes resultados.

**Tabla XIX.**

Peso compactado húmedo y seco de los agregados fino y grueso

<b>Ensayos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
Peso Unitario Compactado Húmedo	Kg/m <sup>3</sup>	1672.85	1460.39
Peso Unitario Compactado Seco	Kg/m <sup>3</sup>	1661.11	1457.70
Contenido de humedad	%	0.70	0.25

Nota. Ensayo realizado a la arena y grava - cantera "Tres Tomas"

Los valores obtenidos en la tabla 19 muestran el peso unitario compactado húmedo y seco de la arena y grava, obteniendo como resultado para la arena un peso unitario compactado húmedo 1672.85 Kg/m<sup>3</sup> y un peso unitario compactado seco de 1661.11 Kg/m<sup>3</sup> y para la grava 1460.39 Kg/m<sup>3</sup> y 1457.70 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

### **Anexo 3.3. Equivalente a la arena, suelos y agregados finos**

Para este ensayo se determinó la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento rápido del campo, según lo especifica la norma MTC E 114-ASTMD 2419, en este caso se obtuvo como resultados como lo especifica la tabla 20.

**Tabla XX.**

Ensayo equivalente a la arena

<b>Detalle</b>	<b>Identificación</b>
Tamaño máximo (Tamiz n <sup>o</sup> 4)	4.76 mm
Hora de entrada de saturación	0:03.00 - 0:06.00
Hora de salida de saturación (10')	0:10.00 - 0:16.00
Hora de entrada a la decantación	0:11.30 - 0:16.30
Hora de entrada a la decantación (20')	0:30.28 – 0:37.00
Altura máximo finos	5.1 pulg
Altura máxima de arena	3.30 pulg
Equivalente de arena	67%

Nota. Ensayo realizado de equivalente a la arena, según la norma MTC E 114 nos especifica que el min porcentaje es de 60 %, en este caso como podemos observar nos dio como resultado un 67% quiere decir que si cumple.

### **Anexo 3.4. Angularidad del agregado fino**

Para este ensayo se determina mediante el cálculo de vacíos de aire y la angularidad de los agregados finos, la cual se correlaciona con la resistencia al ahuellamiento. Se define como angularidad del agregado fino el porcentaje de vacíos con aire presente en las partículas menores de 2,36 mm (pasante malla N.<sup>o</sup> 8), levemente compactados (Ver tabla 21).

**Tabla XXI.**

Contenido de angularidad del agregado fino

<b>Ensayo angularidad de agregado fino</b>				
<b>N°</b>	<b>Ensayo</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>Promedio</b>
1	Peso material + Molde (grs)	250	252	<b>1.531</b>
2	Peso del Molde (grs)	100.3	100.37	
3	Peso Neto del Material (grs)	149.7	151.63	
4	Volumen del molde (cc)	98.4	98.4	
5	Peso unitario (gr/cc)	1.521	1.541	

<b>N°</b>	<b>Ensayo</b>	<b>M-3</b>	<b>M-4</b>	<b>Promedio</b>
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	500	500	0.231
2	Peso Frasco + agua	1235	1236.1	
3	Peso Frasco + agua + A	1735	1736.1	
4	Peso del Mat. + agua en el frasco	1546.4	1547.5	
5	Vol de masa + Vol de vacio = C-D	188.6	188.6	
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105° C)	498.7	499	
7	Vol de masa = E- (A-F)	187.3	187.6	
8	Pe bulk (base seca) = F/E	2.644	2.646	
9	Pe bulk (base saturada) = A/E	2.651	2.651	
10	Pe aparente (base seca) = F/G	2.663	2.660	
11	Absorción = ((A-F)/F)*100	0.261	0.200	

<b>N°</b>	<b>Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Promedio</b>
1	Peso específico seco (Gsb)	2.644	2.646	42.11
2	Volumen de molde (V)	98.4	98.4	
3	Peso de material en el molde (w)	149.7	151.63	
4	Angularidad de agregado fino %	42.47	41.76	

Nota. Ensayo realizado de angularidad del agregado fino, según la norma MTC E 222 nos especifica que el min porcentaje es de 30 %, en este caso como podemos observar nos dio como resultado un 42.11% quiere decir que si cumple.

### **Anexo 3.5. Índice de plasticidad**

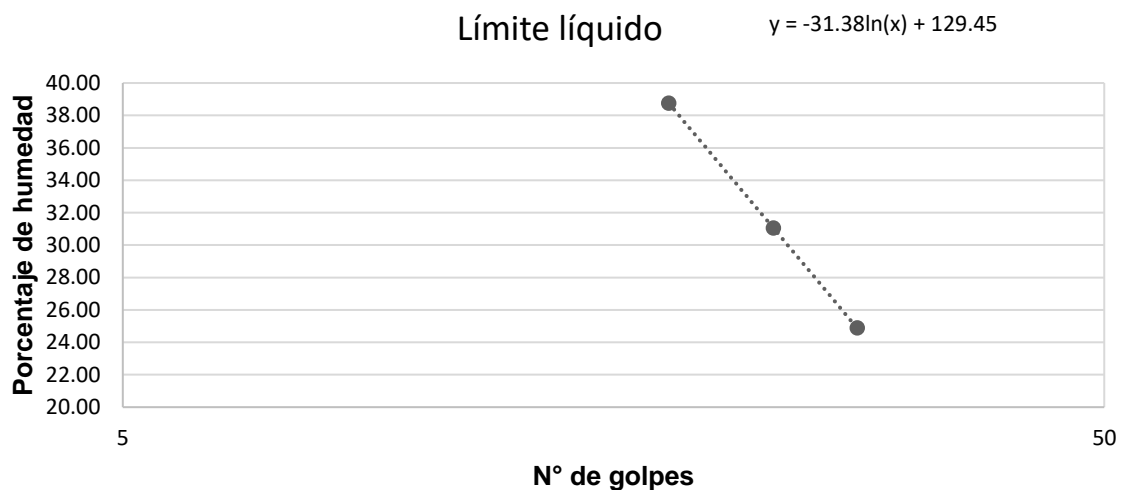
Según la norma MTC E 111, se determinan el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. Como se demuestra en la (Fig.17). Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (ASTM D1241). Asimismo, lo podemos ver en la normativa del NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

**Tabla XXII.**

Índice del límite líquido - plástico y plasticidad

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
N° Tara					
N° Golpe	28	23	18	-	-
% Humedad	24.90	31.05	38.76	26.61	26.22

Nota. Como resultados en la Fig. 17, de la consistencia física de la muestra del límite líquido primeramente dio como resultado 28.45%, en el caso del límite plástico fue de 26.41% y el índice de plasticidad de 2.03%.



**Fig. 34.** Porcentaje de humedad

### **Anexo 3.6. Ensayo de durabilidad (Sulfato de magnesio) del agregado fino**

Según la norma MTC E 209, es una medida a la desintegración de los agregados grueso y fino por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal que la soluciones cubra toda la muestra. Después del período de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución y se coloca en el horno de secar. Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos. Según como lo especifica en la tabla 23.



**Tabla XXIII.**

Ensayo de durabilidad (agregado fino)

Tamices		Pérdida de peso en porcentaje
Pasa	Retenido	
3/8"	Nº4	0.00 %
Nº4	Nº8	0.60%
Nº8	Nº16	2.62%
Nº16	Nº30	3.09%
Nº30	Nº50	1.59%
Nº50	Nº100	1.50%
<b>Total</b>		<b>9.40%</b>

Nota. Como se puede observar, se empleó la norma MTC E 209, asimismo la norma NTP 400.016, obteniendo así un resultado de 9.4% de durabilidad de sulfato de magnesio.

**Anexo 3.7. Ensayo de durabilidad (Sulfato de magnesio) del agregado grueso****Tabla XXIV.**

Ensayo de durabilidad (agregado grueso)

Tamices		Pérdida de peso en porcentaje
Pasa	Retenido	
2 1/2"	1 1/2"	0.00 %
1 1/2"	3/4 "	0.00 %
3/4 "	3/8"	1.18 %
3/8"	Nº 4	1.64 %
<b>Total</b>		<b>2.82 %</b>

Nota. Como se puede observar, se empleó la norma MTC E 209, asimismo la norma NTP 400.016, obteniendo así un resultado de 2.82% de durabilidad de sulfato de magnesio.

## **Anexo 3.8. Sales solubles totales**

### **Anexo 3.8.1. Sales solubles totales (agregado fino)**

Para este ensayo, se empleó la norma MTC E 219, Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a la temperatura de ebullición, hasta la extracción total de las sales. La presencia de éstas se detecta mediante reactivos químicos que, al menor indicio de sales, forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado se toma una alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

**Tabla XXV.**

Sales solubles totales (agregado fino)

<b>Agregado Fino</b>		<b>g.</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
		<b>ml</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		2	2
02	Número de beaker		3	4
03	Masa de beaker	g.	35.873	35.887
04	Masa de beaker + residuo de sales	g.	35.881	35.894
05	Masa de residuo de sales	g.	0.008	0.007
06	Volumen de la solución tomada	ml	30	30
07	Constituyentes de sales solubles totales (%)	ppm	533	467
08	Constituyentes de sales solubles totales (ppm)	(%)	0.05	0.05

Nota. Como se puede observar, se empleó la norma MTC E 219, asimismo la norma nos menciona que el máximo porcentaje aceptable que se debe obtener es de 0.5% menor o igual, obteniendo así un resultado de 0.05% de sales solubles totales. Verificando que si cumple con la normativa.

## Anexo 3.8. 2. Sales solubles totales (agregado grueso)

Tabla XXVI.

Sales solubles totales (agregado grueso)

Agregado grueso		g.	50	50
		MI	100	100
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		2	2
02	Número de beaker		1	2
03	Masa de beaker	g.	35.910	35.934
04	Masa de beaker + residuo de sales	g.	35.919	35.944
05	Masa de residuo de sales	g.	0.009	0.010
06	Volumen de la solución tomada	MI	30	30
07	Constituyentes de sales solubles totales (%)	Ppm	600	667
08	Constituyentes de sales solubles totales (ppm)	(%)	0.06	0.07

Nota. Como se puede observar, se empleó la norma MTC E 219, asimismo la norma nos menciona que el máximo porcentaje aceptable que se debe obtener es de 0.5% menor o igual, obteniendo así un resultado promedio de 0.06% de sales solubles totales. Verificando que si cumple con la normativa.

## Anexo 3.9. Peso específico y absorción

### Anexo 3.9.1. Peso específico y absorción del agregado fino

Considerando la N.T.P. 400.022, para este ensayo se procedió a escoger una porción del agregado fino, el mismo que fue lavado y se dejó reposar en agua durante 24 horas, pasado este tiempo, se ejecutó el ensayo de cono de absorción, posteriormente se pusieron 500gr de esta muestra en una fiola de 500ml y se le incorporó agua destilada, se agitó para la eliminación de vacíos de aire que podía contener, seguidamente se procedió a pesar y finalmente se vertió toda la muestra en una tara para dejarlo en el horno durante 24horas a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla XXVII.**

Peso específico y absorción del agregado fino

<b>Ensayos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agregado fino</b>
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.64
Peso específico de masa S.S. S	gr/cm <sup>3</sup>	2.65
Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.66
Porcentaje de absorción	%	0.23

Nota. Ensayo realizado a la arena de la cantera "Tres Tomas"

En la tabla mostrada se refleja el porcentaje de absorción de la arena, siendo éste 0.23%, con un peso específico de masa de 2.65 gr/cm<sup>3</sup>, dichos resultados nos permitirán realizar cada uno de los diseños de mezcla propuestos para este proyecto de investigación.

### **Anexo 3.9.2. Peso específico y absorción del agregado grueso**

Se ha seguido el procedimiento especificado en la NTP. 400.021, para ello se escogió una parte del material de agregado grueso para realizar el cuarteo respectivo, seguidamente se lavó dicho agregado para eliminar el polvo que pueda contener y se saturó por un periodo de 24 horas, pasado este tiempo se secó la muestra con una franela, y se colocó en una canastilla metálica para sumergirlo dentro del agua, y de esta manera calcular el peso de la muestra la misma que estaba saturada, más el peso de la canastilla, en consecuencia dicha muestra se ubicó en un horno por 24 horas a temperatura 110°C±5°C.

**Tabla XXVIII.**

Peso específico y absorción del agregado grueso

<b>Ensayos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agregado fino</b>
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.65
Peso específico de masa S.S. S	gr/cm <sup>3</sup>	2.67
Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.70
Porcentaje de absorción	%	0.67

Nota. Ensayo realizado a la grava de la cantera "Tres Tomas"

En la tabla mostrada se reflejan los valores del porcentaje de absorción de la grava, siendo éste 0.67%, con un peso específico de masa de 2.67 gr/cm<sup>3</sup>. Dichos resultados nos permitirán realizar cada uno de los diseños de mezcla propuestos para este proyecto de investigación.

### **Anexo 3.10. Abrasión los ángeles (agregado grueso)**

Se estableció el procedimiento según lo especifica en la norma MTC E 207 - NTP 400.019 para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½") determinando la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles. Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y se rotó a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, se descargó el material de la máquina y se realizó una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Se tamizó la porción más fina que 1,70 mm conforme al Modo Operativo MTC E 204. Finalmente se lavó y secó al horno a 110 ± 5 °C, hasta peso constante y determinando la masa con una aproximación a 1 g.

**Tabla XXIX.**

Ensayo de abrasión (agregado grueso)

<b>Tamiz</b>	<b>Gradación</b>
1 1/2"	...
1"	...
3/4"	...
1/2"	2500
3/8"	2500
1/4"	...
N°4	...
Peso inicial	5000
Número de esferas	11
Número de revoluciones	500
Peso Mat/Ret. En la malla N° 12	...
Peso Mat. Pasa malla N° 12	686
Porcentaje Desgaste	13.72%

Nota. Ensayo realizado a la grava de la cantera "Tres Tomas"

Como se puede observar, se empleó la norma MTC E 207, en la tabla mostraba se reflejan los valores del porcentaje de desgaste por abrasión siendo éste 13.72%.

### **Anexo 3.11. Revestimiento y desprendimiento del agregado grueso (adherencia)**

Este procedimiento se sugirió como una prueba que califica o no califica al nivel de 95%, porque su precisión no es satisfactoria para la aplicación para niveles menores. No debe hacerse ningún esfuerzo para evaluar la retención por debajo de 95%. Esta es una limitación del método y no implica de alguna manera que la combinación agregada falle en retener un 95% de recubrimiento por este procedimiento de laboratorio.

**Tabla XXX.**

Adherencia (agregado grueso)

<b>Identificación</b>	<b>Revestimiento (%)</b>	<b>Cubrimiento (%)</b>
Cantera Ferreñafe (Tres Tomas)	100%	+95%

Nota. Ensayo realizado a la grava de la cantera “Tres Tomas” Como se puede observar, se empleó la norma MTC E 517, en la tabla mostraba se reflejan los valores del porcentaje de revestimiento de 100%, como resultado se obtuvo un cubrimiento de 95%.

### **Anexo 3.12. Partículas chatas y alargadas del agregado grueso**

Los agregados individuales de tamaños de tamiz específicos se someten a ensayo para determinar la relación entre anchura y grosor, longitud y anchura, o longitud y grosor. El ensayo se realizó sobre una muestra de árido grueso. La muestra se tamiza para separar cada tamaño mayor que el tamiz de 3/8 pulg. (9,5 mm). A continuación, cada tamaño se probó en un dispositivo de calibre proporcional. Las partículas se pesan para determinar un porcentaje de partículas planas, alargadas, o planas y alargadas en una muestra.

Las especificaciones requieren que la mezcla asfáltica en caliente tenga menos de un 10% de partículas planas y alargadas utilizando una proporción de 5:1.

**Tabla XXXI.**

Partículas chatas y alargadas (agregado grueso)

Tamiz (pulg.)	Agregado grueso		(%) corregido
	PESO RET. (g)	(%) RET.	
2" - 1 ½"	---	---	---
1 ½" - 1"	---	---	----
1" - ¾"	---	---	---
¾" - ½"	524.0	26.90	0.00
½" - ⅜"	625.0	32.08	1.50
⅜"-N°4	799.0	41.02	5.00
<b>% Total</b>			<b>6.50%</b>

Nota. Como resultados en la Tabla. 31, de las partículas chatas y alargadas, se dio como resultado 6.50%, porque según norma ASTM 4791 nos especifica que el máximo valor para una mezcla asfáltica en caliente es de 10%, quiere decir que si cumple porque fue menor al 10%.

### **Anexo 3.13. Caras facturadas (agregado grueso)**

Según la norma MTC 210, una cara se considerará "una cara fracturada" sólo si tiene un área proyectada al menos tan larga como un cuarto del área máxima proyectada (área transversal-sección máxima) de la partícula y la cara tiene borde bien definido, esta excluye picaduras o quiebres pequeños.



**Tabla XXXII.**

1 cara facturada (agregado grueso)

Tamaño del agregado		A	B
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	---	---
1"	3/4"	---	---
3/4"	1/2"	10.0	952.0
1/2"	3/8"	6.0	578.0
<b>Total</b>		<b>16.00</b>	<b>1530.0</b>

Nota. Como resultados en la Tabla. 32, del ensayo de una cara fracturada, según la norma MTC E 210 se obtuvo como resultado 95.6%, producto del total de 1530 dividido entre el porcentaje retenido que fue 16%.

**Tabla XXXIII.**

2 caras facturadas (agregado grueso)

Tamaño del agregado		C	D
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	---	---
1"	3/4"	---	---
3/4"	1/2"	10.0	758.0
1/2"	3/8"	6.0	516.0
<b>Total</b>		<b>16.00</b>	<b>1274.0</b>

Nota. Como resultados en la Tabla. 33, del ensayo de dos caras fracturadas, según la norma MTC E 210 se obtuvo como resultado 79.6%.

## **Anexo 3.14. Ensayo al cemento**

### **Anexo 3.14.1. Densidad**

Para este ensayo, se empleó la N.T.P. 334.005 o ASTM C 188, en tal sentido se utilizó un frasco de Le Chatelier graduado, en el que se colocó kerosene hasta llegar a una marca de graduación en cero, se registró ese valor y se introdujo 64 g de cemento, seguidamente se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C, y se verificó que el volumen del líquido esté estable para posteriormente realizar una lectura final, obtenido así los siguientes datos:

**Tabla XXXIV.**

Densidad del cemento tipo I

<b>Ensayos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cemento</b>
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.10

Nota. Densidad del cemento Cemex Quisqueya - Uso Estructural - Tipo I

## **Anexo 3.15. Ensayo de cal hidratada**

### **Anexo 3.15.1. Densidad**

Para este ensayo, se empleó la NTG 41003 h2 (ASTM C188), el frasco normalizado, que es de sección transversal circular con forma y de dimensiones que cumplen del método de ensayo (ASTM C188). Se observó estrictamente los requisitos en relación a la tolerancia sobre la inscripción, longitud, espaciamiento y uniformidad de la graduación. Debe existir un espacio de al menos 10 mm entre la marca de graduación más alta y el punto más bajo del esmerilado del tapón de vidrio.

**Tabla XXXV.**

Densidad de cal hidratada

<b>Ensayos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cal hidratada</b>
Densidad Real	g/cm <sup>3</sup>	2.2
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0.45-0.56

Nota. Densidad de la cal hidratada

### **Anexo 3.16. Diseño de mezcla asfáltica patrón**

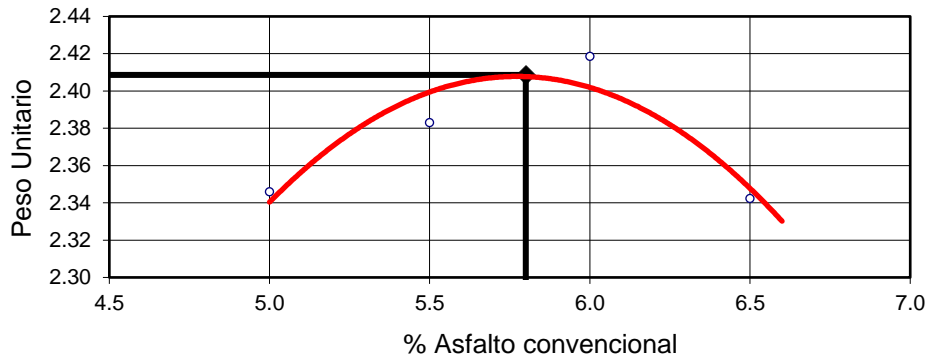
Una vez obtenido las propiedades físicas de la arena y grava de la cantera “Tres Tomas” respectivamente, se procedió a ejecutar el diseño de mezcla asfáltica patrón con el procedimiento del ASTM D 1559, se consideraron los porcentajes de cemento asfalto de 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, con la intención de determinar el porcentaje más óptimo para cada diseño de mezcla realizado, de esta manera se presenta la tabla 36. Asimismo, tener en cuenta que para la elaboración de este diseño se empleó el asfalto en caliente.

**Tabla XXXVI.**

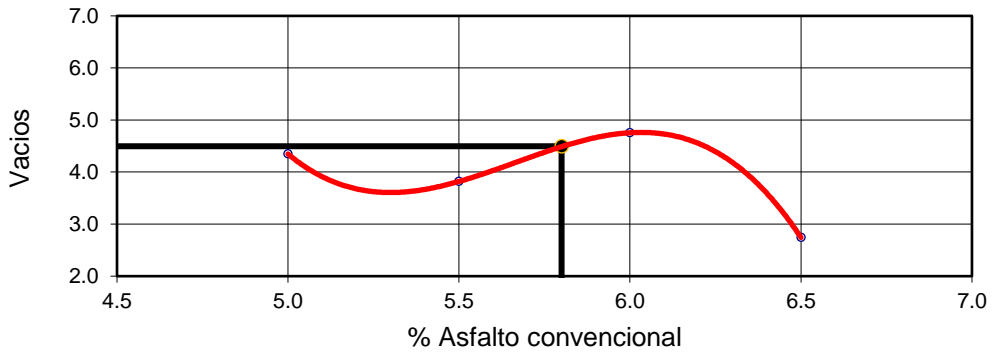
Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica

<b>Porcentaje del asfalto (%)</b>	<b>Gravedad específica (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
5%	2.346
5.5%	2.386
6%	2.418
6.5%	2.342

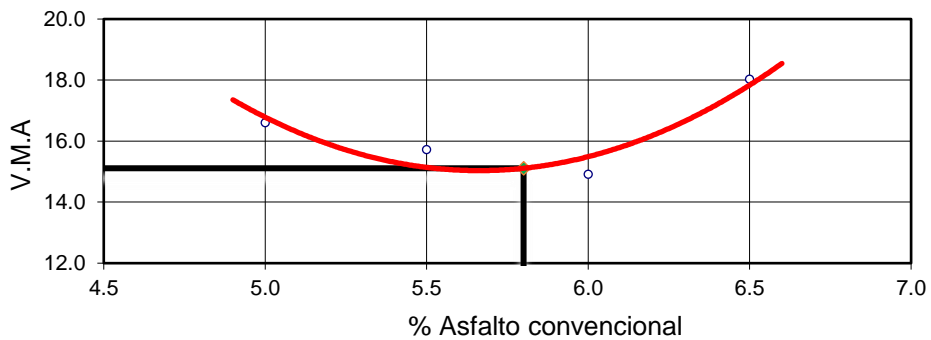
De la tabla 36, se aprecia que el peso específico de la muestra con 5% de C.A. tiene un valor de 2.346 gr/cm<sup>3</sup>, para el 5.5% de C.A., el valor es de 2.386 gr/cm<sup>3</sup>, para el 6.0% de C.A., se obtuvo un 2.418 gr/cm<sup>3</sup> y para 6.5% de C.A., el peso específico fue 2.342 gr/cm<sup>3</sup>. Finalmente, las siguientes figuras muestran el comportamiento del diseño de mezcla, analizando las propiedades a considerar en el ensayo de Marshall.



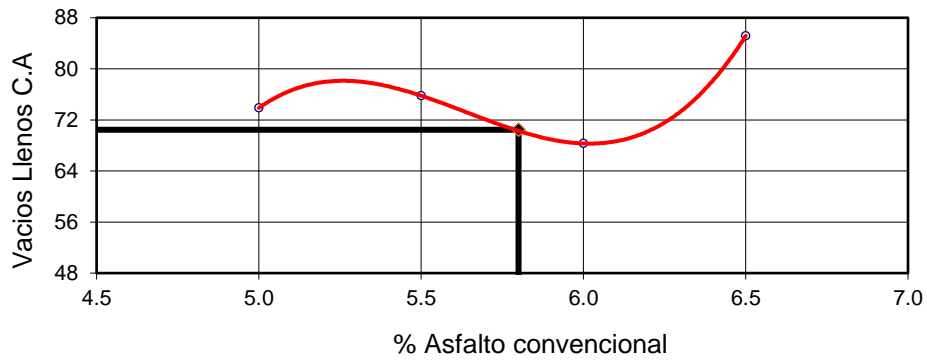
**Fig. 35.** Relación peso unitario vs % C.A para mezcla asfáltica convencional



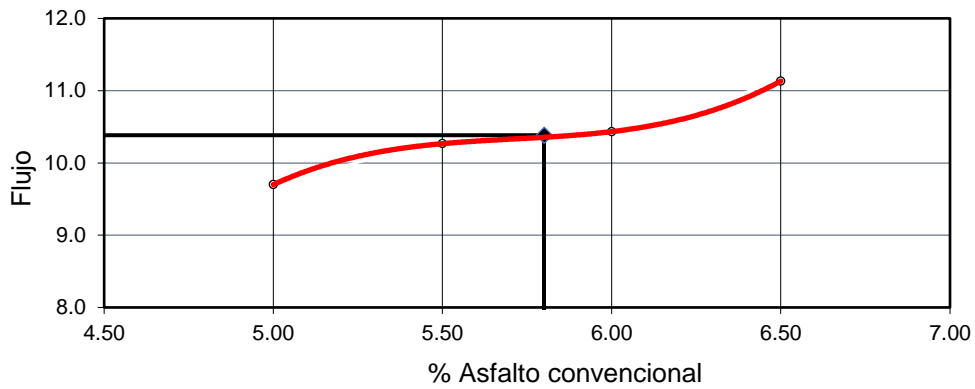
**Fig. 36.** Relación de vacíos con aire % C.A para mezcla asfáltica convencional



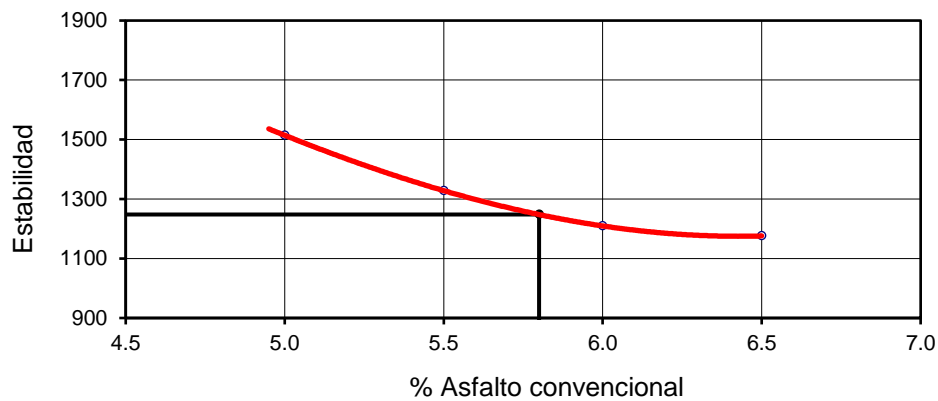
**Fig. 37.** Relación % de vacíos de agregado mineral vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional



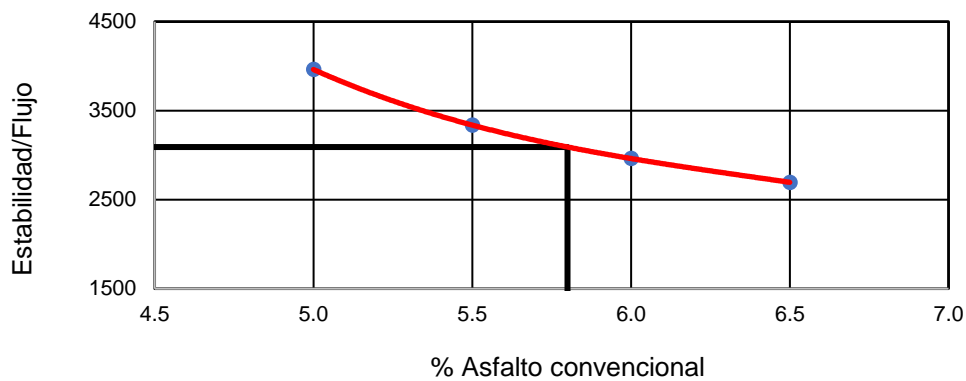
**Fig. 38.** Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional



**Fig. 39.** Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional



**Fig. 40.** Relación de estabilidad vs% C.A. para mezcla asfáltica convencional



**Fig. 41.** Relación estabilidad y flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica convencional

Nota. Al observar los gráficos anteriores, se logró calcular el porcentaje de cemento asfáltico óptimo para la mezcla asfáltica convencional, cuyo valor es de 5.8% de C.A. Para este porcentaje se presenta un resumen de los resultados obtenidos gracias al ensayo del ASTM D 1559.

**Tabla XXXVII.**

Resultados obtenidos a través del ensayo del ASTM D 1559

<b>Características Marshall</b>		
<b>Golpes</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
% C. A. optimo	<b>5.80</b>	...
P. Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.409</b>	...
Vacíos (%)	<b>4.5</b>	3 – 5
V.M.A. (%)	<b>15.1</b>	14.0
V. LL.C.A. (%)	<b>70.5</b>	...
Polvo/ asfalto	<b>0.76</b>	0.6 - 1.3
Flujo (mm)	<b>10.4</b>	.8-14
Estabilidad (kn)	<b>12.2</b>	8.15 kn.
Estabilidad/ flujo (kg/cm)	<b>3091.6</b>	1700 – 4000

Nota. Finalmente, el porcentaje óptimo de cemento asfáltico fue de 5.8% en el diseño de mezcla asfáltica convencional, las propiedades de flujo toman un valor de 10.4 mm, además, la carga máxima alcanza los 12.2 kn, lo que resulta una rigidez de 3091.6 kg/cm. y si hacemos

una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple.

### **Anexo 3.17. Definición e influencia del filler o relleno mineral**

Se define como relleno mineral a aquellos que puedan incorporarse a la mezcla, es fundamental emplear como relleno de vacíos, espesante de la mezcla asfáltica o de ser el caso, como mejorador de adherencia, será polvo de ladrillo y cal hidratada que deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO – M303.

El Filler puede provenir de los agregados pétreos o bien puede ser Filler de Aporte; definiendo como Filler de Aporte a aquellos que no provienen de la recuperación de los finos constituyentes de los agregados pétreos (durante el proceso de elaboración de la mezcla asfáltica).

El Filler de Aporte empleado se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 1508, IRAM 1593 o IRAM 50000, según corresponda el tipo de material. El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a materiales cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran. En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud del mismo para ser empleado como Filler de Aporte, que debe ser aprobado por el Supervisor de Obra.

Es obligatorio el uso de cal hidratada, según los requisitos de dosificación. El Filler de Aporte debe ser homogéneo, seco y libre de grumos provenientes de las partículas. Asimismo, debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla N°38:

**Tabla XXXVIII.**

Requisitos del filler

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Exigencia</b>
Granulometría	IRAM 1505	Requisitos establecidos en la tabla nº39
Densidad	IRAM 1542	2.5 gr/cm <sup>3</sup> <Densidad <2.8 gr/cm <sup>3</sup>

### **Características de los rellenos minerales**

La densidad aparente del polvo mineral, según la norma NLT.176, deberá estar comprendida entre cinco y ocho decigramos por centímetro cubico (0.5 a 0.8 g/cm<sup>3</sup>).

### **Requisitos generales**

El polvo mineral debe ser homogéneo, seco (máxima humedad de 2%) y libre de grumos provenientes de la aglomeración de partículas. La granulometría del relleno mineral debe encuadrarse dentro de los valores indicados en la tabla siguiente:

**Tabla XXXIX.**

Requisitos del filler

<b>Tamiz</b>	<b>Mínimo porcentaje en peso que pasa</b>
600 umm (nº30)	97
75 umm (nº200)	70

Nota. Requisitos de especificación general de rellenos minerales para las mezclas asfálticas.



### Anexo 3.18. Diseño de mezcla asfáltica con cal hidratada

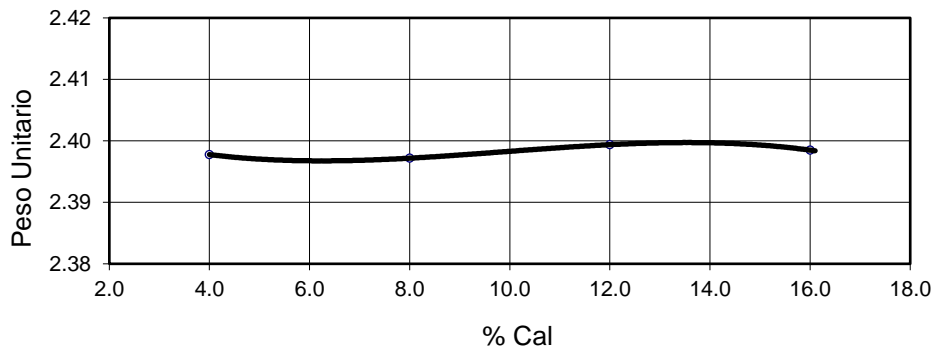
Para realizar este ensayo de acuerdo a la normativa del ASTM D 1559, se continuo con los pasos anteriores de la mezcla asfáltica convencional, teniendo en cuenta que el porcentaje óptimo de la mezcla fue 5.8%, a partir de ello con ese mismo porcentaje se trabajó el diseño de mezcla más el de cal, solo que en este caso se le añadió los porcentajes asignados de cal hidratada, en este caso fueron cuatro porcentajes de 4%,8%,12% y 16%. Con la intención de calcular el porcentaje más óptimo para cada diseño de mezcla realizado.

**Tabla XL.**

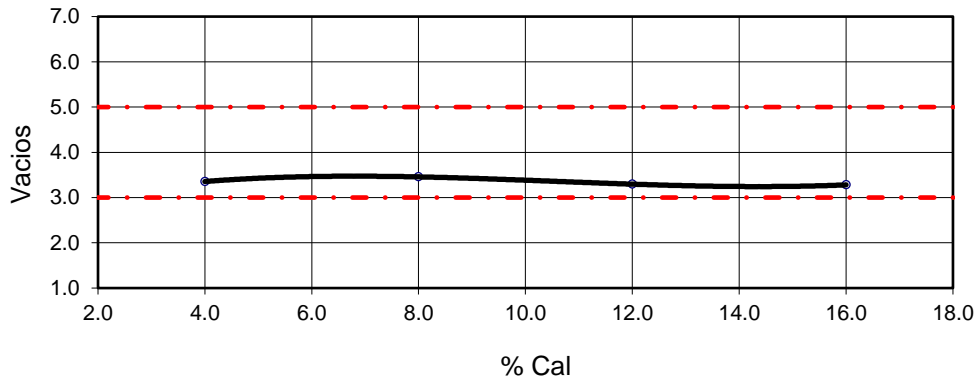
Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica

Porcentajes (%)	Gravedad específica (gr/cm <sup>3</sup> )
4%	2.398
8%	2.397
12%	2.399
16%	2.398

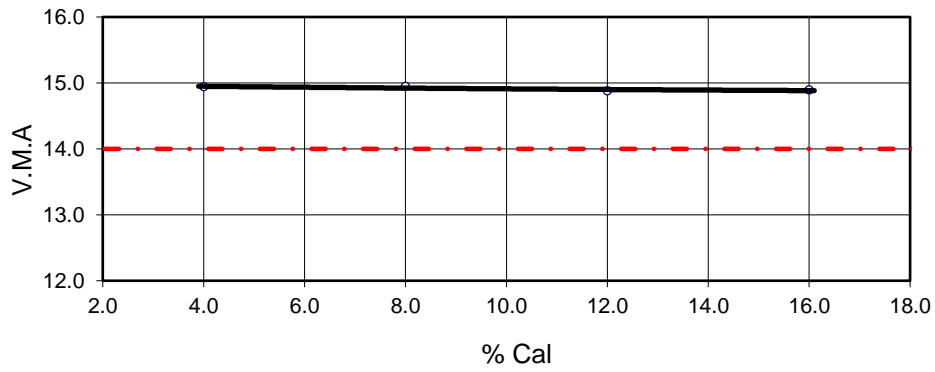
Nota. De la tabla 40, se aprecia que el peso específico de la muestra con 4% de C.A. tiene un valor de 2.398 gr/cm<sup>3</sup>, para el 8% de C.A., el valor es de 2.397 gr/cm<sup>3</sup>, para el 12% de C.A., se obtuvo un 2.399 gr/cm<sup>3</sup> y para 16% de C.A., el peso específico fue 2.398 gr/cm<sup>3</sup>. Finalmente, las siguientes figuras muestran el comportamiento del diseño de mezcla asfáltica con cal hidratada, analizando las propiedades a considerar en el ensayo de Marshall.



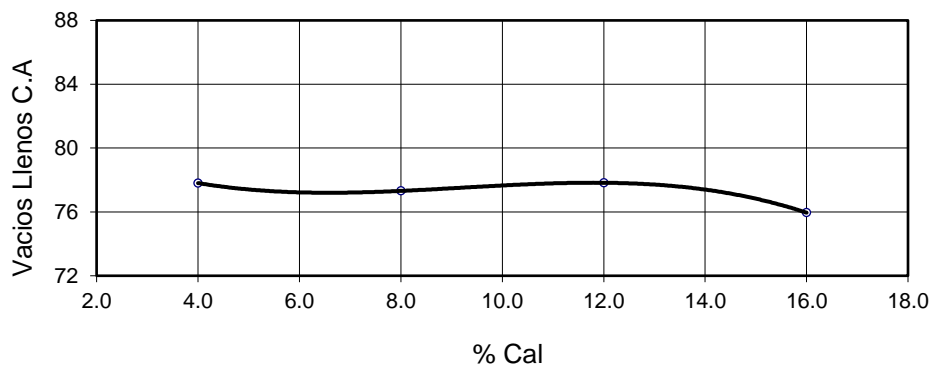
**Fig. 42.** Relación peso unitario vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada



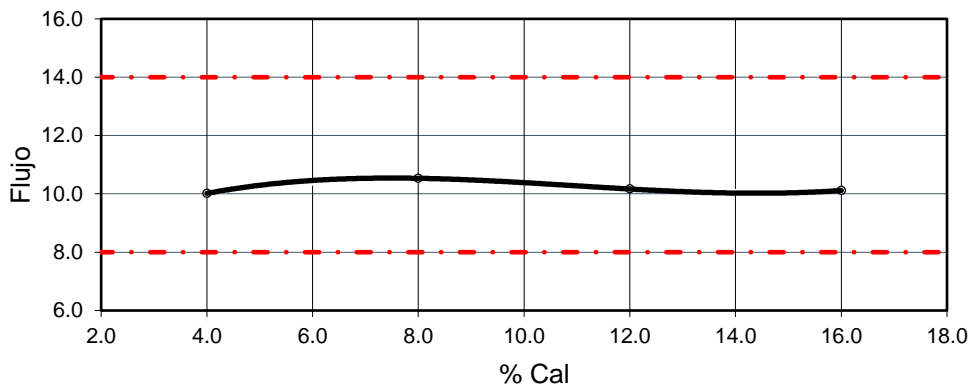
**Fig. 43.** Relación % de vacíos con aire vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada



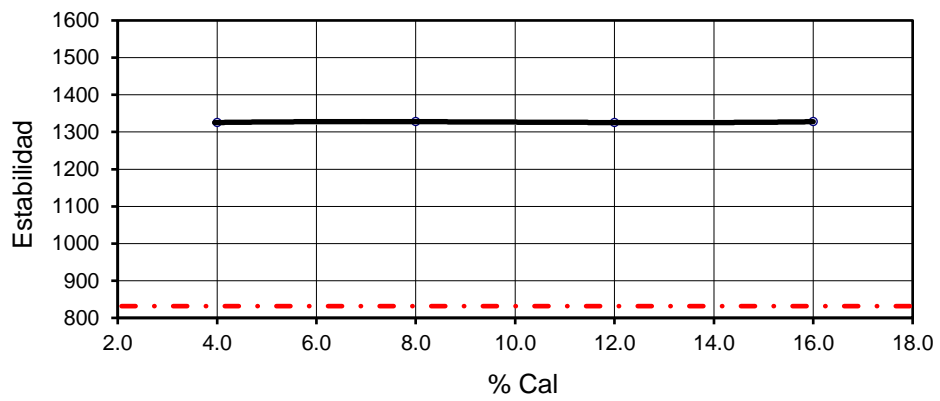
**Fig. 44.** Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada



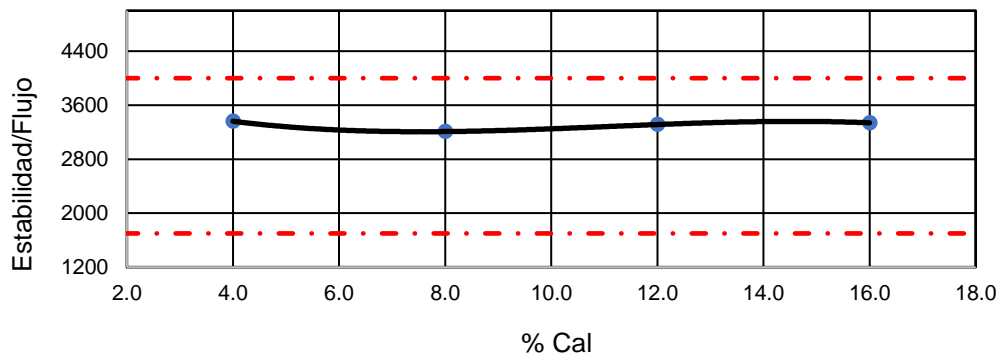
**Fig. 45.** Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada



**Fig. 46.** Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada



**Fig. 47.** Relación estabilidad vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada



**Fig. 48.** Relación estabilidad de flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal hidratada

Nota. Al observar los gráficos anteriores, se logró calcular el porcentaje de cemento asfáltico óptimo para la mezcla asfáltica convencional, cuyo valor es de 5.8% de C.A. Con el que se

trabajó la cal hidratada, para lo cual, dentro de los cuatro porcentajes de cal, el óptimo que dio como resultado fue de 8% de cal. Para este porcentaje se presenta un resumen de los resultados obtenidos gracias al ensayo del ASTM D 1559.

**Tabla XLI.**

Resultados obtenidos a través del ensayo del ASTM D 1559

<b>Características Marshall</b>		
<b>Golpes</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
% Cal	<b>8.00</b>	...
% C. A. optimo	<b>5.80</b>	...
P. Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.397</b>	...
Vacíos (%)	<b>3.5</b>	3 - 5
V.M.A. (%)	<b>14.9</b>	14.0
V. LL.C.A. (%)	<b>77.3</b>	...
Polvo/ asfalto	<b>0.79</b>	0.6 - 1.3
Flujo (mm)	<b>10.5</b>	.8-14
Estabilidad (kn)	<b>13.0</b>	8.15 kn.
Estabilidad/ flujo (kg/cm)	<b>3208.8</b>	1700 - 4000

Nota. Finalmente, el porcentaje óptimo de cemento asfáltico fue de 5.8% en el diseño de mezcla asfáltica convencional, asimismo el porcentaje óptimo de cal fue 8%, las propiedades de flujo toman un valor de 10.5 mm, además, la carga máxima alcanza los 13 kn, lo que resulta una rigidez de 3208.8 kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple.

### **Anexo 3.19. Diseño de mezcla asfáltica con polvo de ladrillo**

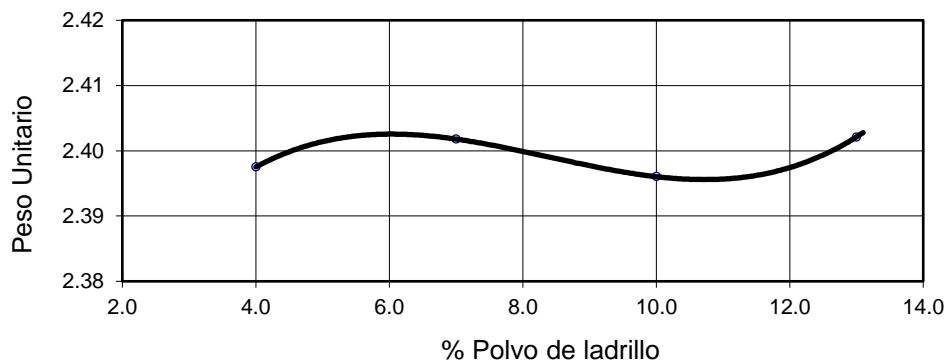
Para realizar este ensayo de acuerdo a la normativa del ASTM D 1559, se continuo con los pasos anteriores de la mezcla asfáltica convencional, teniendo en cuenta que el porcentaje óptimo de la mezcla fue 5.8%, a partir de ello con ese mismo porcentaje se trabajó el diseño de mezcla más el del polvo, solo que en este caso se le añadió los porcentajes asignados del polvo de ladrillo, en este caso fueron cuatro porcentajes de 4%,7%,10% y 13%. Con la intención de calcular el porcentaje más óptimo para cada diseño de mezcla realizado.

**Tabla XLII.**

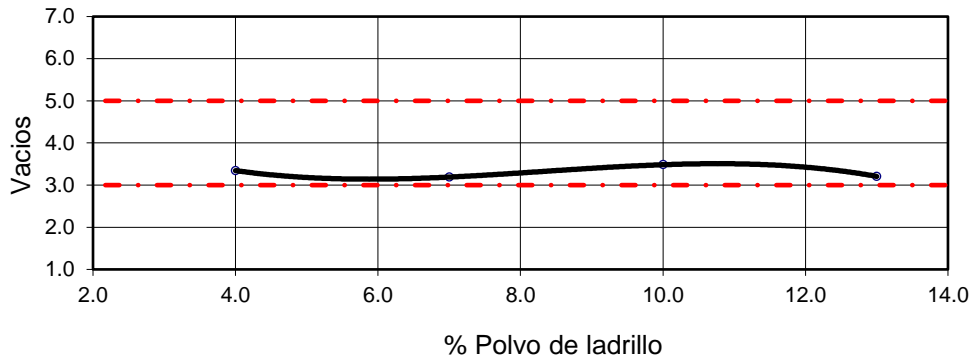
Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica

Porcentajes (%)	Gravedad específica (gr/cm <sup>3</sup> )
4%	2.398
7%	2.402
10%	2.396
13%	2.400

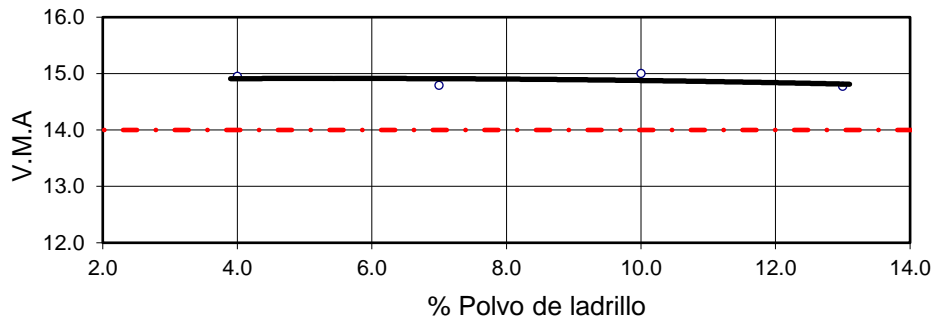
Nota. De la tabla 42, se aprecia que el peso específico de la muestra con 4% de C.A. tiene un valor de 2.398 gr/cm<sup>3</sup>, para el 7% de C.A., el valor es de 2.402 gr/cm<sup>3</sup>, para el 10% de C.A., se obtuvo un 2.396 gr/cm<sup>3</sup> y para 13% de C.A., el peso específico fue 2.400 gr/cm<sup>3</sup>. Finalmente, las siguientes figuras muestran el comportamiento del diseño de mezcla asfáltica con polvo de ladrillo, analizando las propiedades a considerar en el ensayo de Marshall.



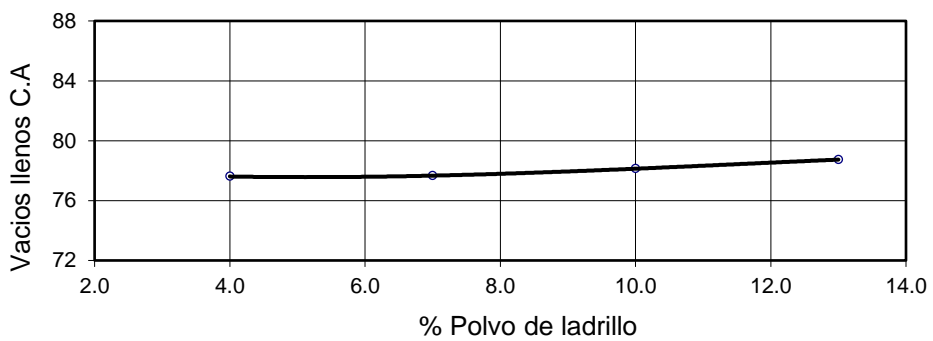
**Fig. 49.** Relación peso unitario vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo



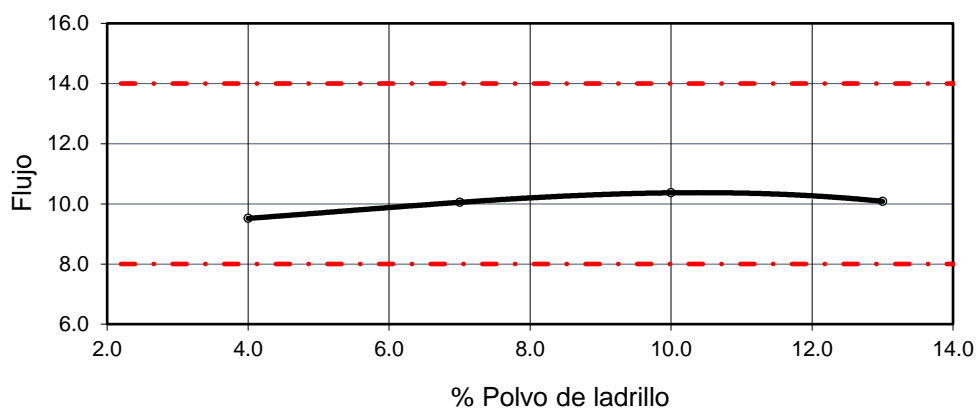
**Fig. 50.** Relación % de vacíos con aire vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo



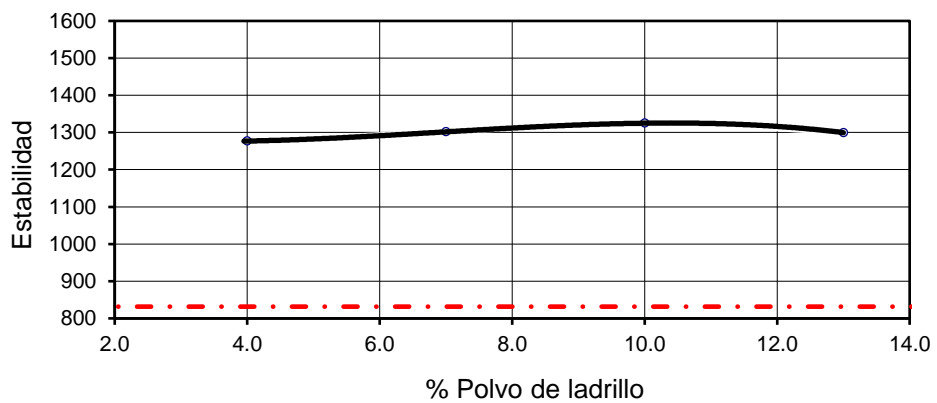
**Fig. 51.** Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo



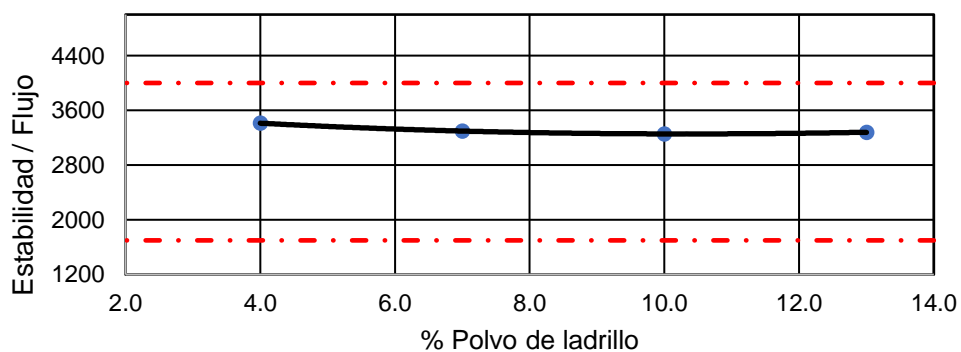
**Fig. 52.** Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo



**Fig. 53.** Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo



**Fig. 54.** Relación estabilidad vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo



**Fig. 55.** Relación estabilidad de flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + polvo de ladrillo

Nota. Al observar los gráficos anteriores, se logró calcular el porcentaje de cemento asfáltico óptimo para la mezcla asfáltica convencional, cuyo valor es de 5.8% de C.A. Con el que se trabajó el polvo de ladrillo, para lo cual, dentro de los cuatro porcentajes de polvo, el óptimo que dio como resultado fue de 10% de polvo. Para este porcentaje se presenta un resumen de los resultados obtenidos gracias al ensayo del ASTM D 1559.

**Tabla XLIII.**

Resultados obtenidos a través del ensayo del ASTM D 1559

<b>Características Marshall</b>		
<b>Golpes</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
% Polvo de ladrillo	<b>10.00</b>	...
% C. A. optimo	<b>5.80</b>	...
P. Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.396</b>	...
Vacíos (%)	<b>3.5</b>	3 - 5
V.M.A. (%)	<b>15</b>	14.0
V. LL.C.A. (%)	<b>78.1</b>	...
Polvo/ Asfalto	<b>0.79</b>	0.6 - 1.3
Flujo (mm)	<b>10.4</b>	.8-14
Estabilidad (kn)	<b>13.0</b>	8.15 kn.
Estabilidad/ flujo (kg/cm)	<b>3256.0</b>	1700 - 4000

Nota. Finalmente, el porcentaje óptimo de cemento asfáltico fue de 5.8% en el diseño de mezcla asfáltica convencional, asimismo el porcentaje óptimo de polvo fue 10%, las propiedades de flujo toman un valor de 10.4 mm, además, la carga máxima alcanza los 13 kn, lo que resulta una rigidez de 3256.0 kg/cm, y si hacemos una comparación de acuerdo a la normativa para la rigidez nos menciona que el rango permitido es de 1700-4000 kg/cm, eso quiere decir que si cumple.

### **Anexo 3.20. Diseño de mezcla asfáltica con % óptimo de cal hidratada + % óptimo de polvo de ladrillo.**

Para realizar este ensayo de acuerdo a la normativa del ASTM D 1559, se continuo con los pasos anteriores de la mezcla asfáltica convencional, teniendo en cuenta que el porcentaje óptimo de la mezcla fue 5.8%, a partir de ello con ese mismo porcentaje se trabajó el diseño



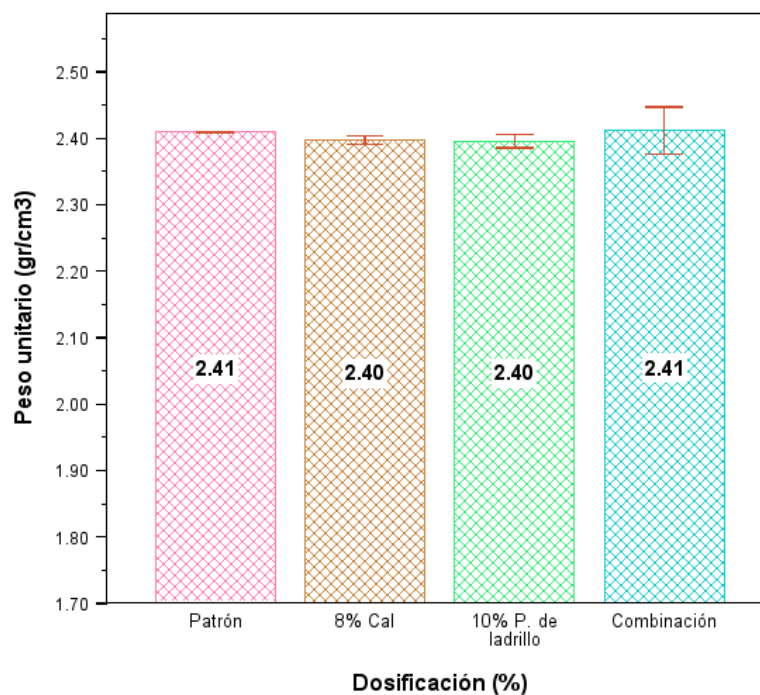
de mezcla más él 8% óptimo de cal hidratada + 10% óptimo de polvo de ladrillo, con la intención de demostrar la mejora de las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica.

**Tabla XLIV.**

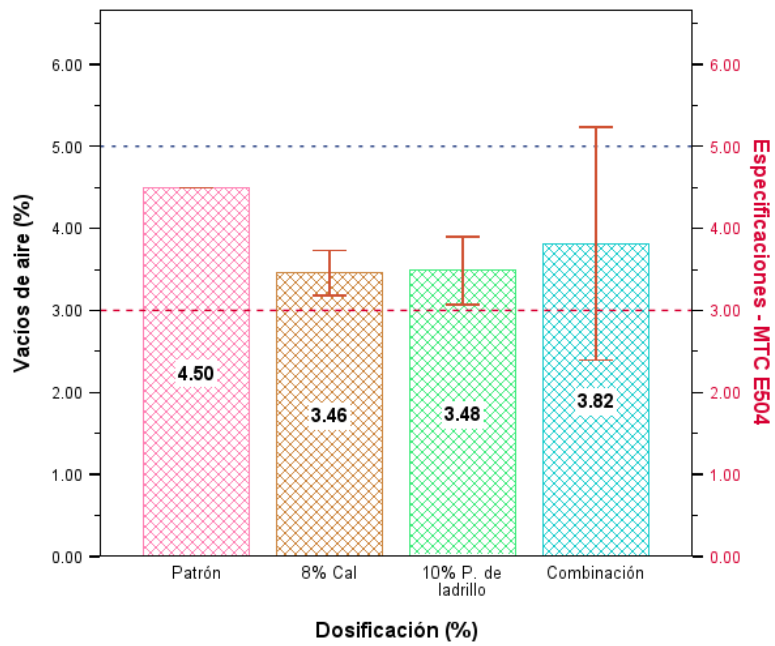
Resultados del peso específico de la mezcla asfáltica

Porcentajes (%)	Gravedad específica (gr/cm <sup>3</sup> )
18%	2.412
8%	2.402
10%	2.396
13%	2.402

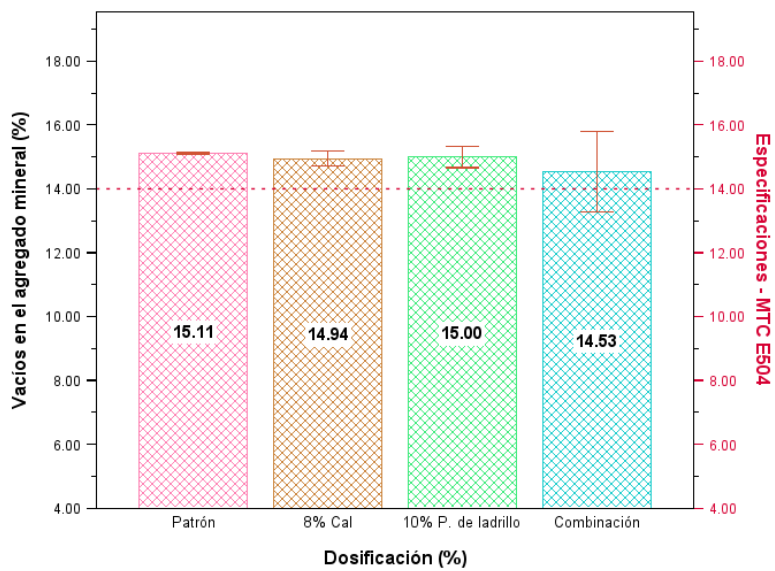
Nota. De la tabla 44, se aprecia que el peso específico de la muestra con 18% de C.A. tiene un valor de 2.412 gr/cm<sup>3</sup>, para el 8% de C.A., el valor es de 2.402 gr/cm<sup>3</sup>, para el 10% de C.A., se obtuvo un 2.396 gr/cm<sup>3</sup> y para 13% de C.A., el peso específico fue 2.402 gr/cm<sup>3</sup>. Finalmente, las siguientes figuras muestran el comportamiento del diseño de mezcla asfáltica + la cal + polvo de ladrillo, analizando las propiedades a considerar en el ensayo de Marshall.



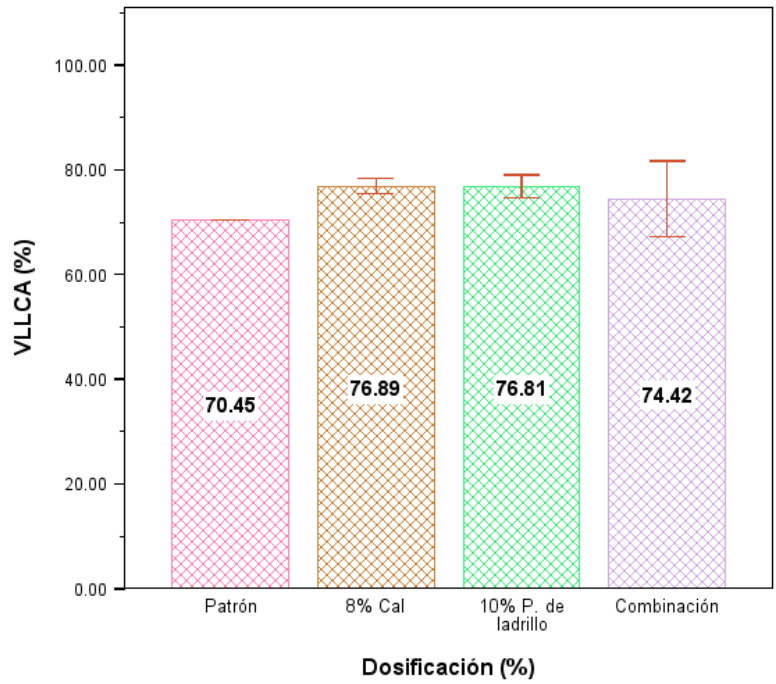
**Fig. 56.** Relación peso unitario vs % C.A. para mezcla asfáltica + Cal + polvo de ladrillo



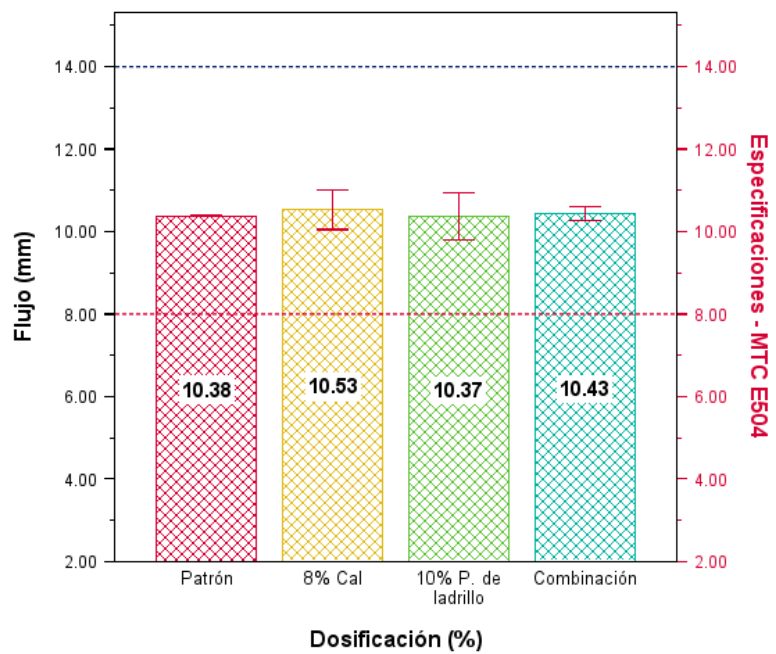
**Fig. 57.** Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo



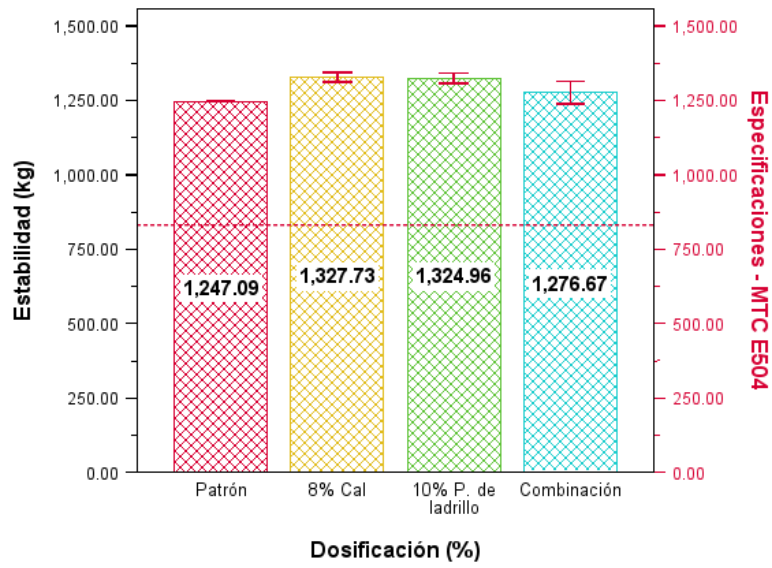
**Fig. 58.** Relación % de vacíos de agregado mineral vs% C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo



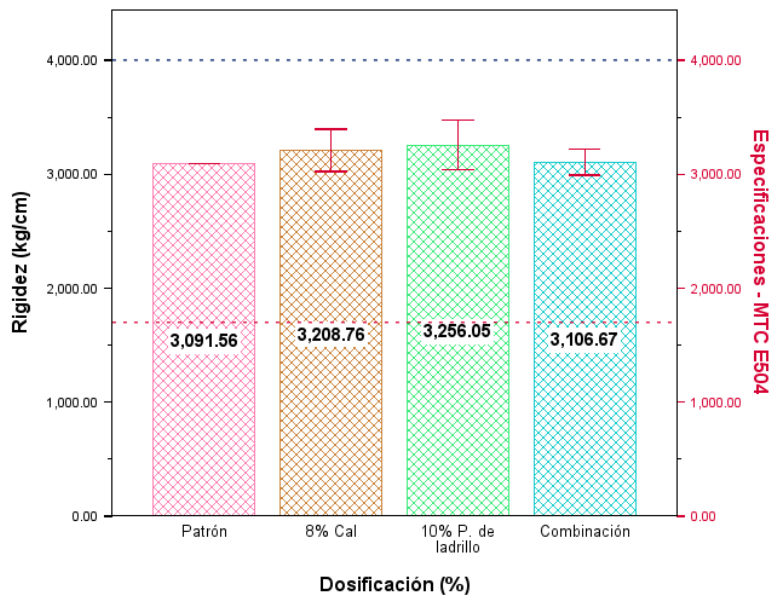
**Fig. 59.** Relación % de vacíos llenados de C.A. vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo



**Fig. 60.** Relación flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo



**Fig. 61.** Relación estabilidad de flujo vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal + polvo de ladrillo



**Fig. 62.** Factor de rigidez vs % C.A. para mezcla asfáltica + cal+ polvo de ladrillo

### Anexo 3.20.1. Contrastación de hipótesis (análisis estadístico)

Se aplicó el diseño complementario al azar o aleatorio, teniendo como factores principales la estabilidad, flujo, % de vacíos de aire, % de VMA y rigidez respecto al MAC-2, con la adición de 8% de cal y el 10% de polvo de ladrillo.

#### 3.18.1.1. Estabilidad

Supuestos que debe cumplir que:

##### a. Normalidad

Ho: Datos que siguen una distribución normal

H1: Datos que no siguen una distribución normal

**Tabla XLV.**

Prueba de normalidad-estabilidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	.168	24	.076	.914	24	.044

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 45, el tamaño de la muestra experimental es  $n=24 \leq 50$ , el grado de Sig. es  $0.044 \leq 0.05$  es por ello se rechaza la Ho evidenciando que los datos no se distribuyen como una normal.

#### 3.20.1.2. Flujo

Supuestos que debe cumplir

##### a. Normalidad

Ho: Datos que siguen una distribución normal

H1: Datos que no siguen una distribución normal

**Tabla XLVI.**

Prueba de normalidad-Flujo

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo	.155	24	.138	.948	24	.250

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 46, el tamaño de la muestra experimental es  $n=24 \leq 50$ , el grado de Sig. es  $0.250 \geq 0.05$  es por ello se acepta la  $H_0$  evidenciando que los datos no se distribuyen como una normal.

**b. Homocedasticidad**

$$H_0: a_1^2 = a_2^2 = a_3^2 = a_4^2$$

H1: Existe por lo menos una varianza diferente

**Tabla XLVII.**

Prueba de homocedasticidad – flujo

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Flujo	Se basa en la media	19.238	3	20	<.001
	Se basa en la mediana	12.740	3	20	<.001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	12.740	3	8.213	.002
	Se basa en la media recortada	19.202	3	20	<.001

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: Flujo

b. Diseño : Intersección + Dosificación

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 47, se basa en las medias donde la Sig. es  $0.002 \leq 0.05$  y se demuestra que existe heterogeneidad de varianza confirmando la H1.

### c. Pruebas de Games Howell

**Tabla XLVIII.**

Prueba de Games Howell – flujo

(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Patrón	8% Cal	-.1503	.21985	.902	-.7657	.4650
	10% P. de ladrillo	.0163	.21985	1.000	-.5990	.6317
	Combinación	-.0503	.21985	.996	-.6657	.5650
8% Cal	Patrón	.1503	.21985	.902	-.4650	.7657
	10% P. de ladrillo	.1667	.21985	.872	-.4487	.7820
	Combinación	.1000	.21985	.968	-.5153	.7153
10% P. de ladrillo	Patrón	-.0163	.21985	1.000	-.6317	.5990
	8% Cal	-.1667	.21985	.872	-.7820	.4487
	Combinación	-.0667	.21985	.990	-.6820	.5487
Combinación	Patrón	.0503	.21985	.996	-.5650	.6657
	8% Cal	-.1000	.21985	.968	-.7153	.5153
	10% P. de ladrillo	.0667	.21985	.990	-.5487	.6820
Patrón	8% Cal	-.1503	.21985	.925	-.8206	.5199
	10% P. de ladrillo	.0163	.21985	1.000	-.6539	.6866
	Combinación	-.0503	.21985	.997	-.7206	.6199
8% Cal	Patrón	.1503	.21985	.925	-.5199	.8206
	10% P. de ladrillo	.1667	.21985	.901	-.5036	.8369
	Combinación	.1000	.21985	.976	-.5703	.7703
10% P. de ladrillo	Patrón	-.0163	.21985	1.000	-.6866	.6539
	8% Cal	-.1667	.21985	.901	-.8369	.5036
	Combinación	-.0667	.21985	.993	-.7369	.6036
Combinación	Patrón	.0503	.21985	.997	-.6199	.7206
	8% Cal	-.1000	.21985	.976	-.7703	.5703
	10% P. de ladrillo	.0667	.21985	.993	-.6036	.7369

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 48, se demuestra que el 10% de polvo de ladrillo no presenta significancia.

#### 3.20.1.3. Porcentaje de vacíos de aire

Supuestos que debe cumplir:

##### a. Normalidad

Ho: Datos que siguen una distribución normal

H1: Datos que no siguen una distribución normal

**Tabla XLIX.**

Prueba de normalidad -% vacíos de aire

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Vacios	.130	24	.200 <sup>*</sup>	.943	24	.191



Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 49, el tamaño de la muestra experimental es  $n=24 \leq 50$ , donde la Sig. es  $0.191 \leq 0.05$  y se rechaza la  $H_0$  evidenciando que los datos no se distribuyen normal.

### 3.20.1.3. Porcentaje de vacíos en el agregado mineral

Supuestos que debe cumplir:

#### a. Normalidad

$H_0$ : Datos que siguen una distribución normal

$H_1$ : Datos que no siguen una distribución normal

**Tabla L.**

Prueba de normalidad -% vacíos en el agregado mineral.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VMA	.192	24	.022	.854	24	.003

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 50, el tamaño de la muestra experimental es  $n=24 \leq 50$ , donde la Sig. es  $0.003 \leq 0.05$  y se acepta que cumple con el  $H_0$  porque si siguen una distribución normal.

#### b. Homocedasticidad

$H_0$ :  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$

$H_1$ : Existe por lo menos una varianza diferente



**Tabla LI.**

Prueba de homocedasticidad -% vacíos en el agregado mineral

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
VMA	Se basa en la media	6.999	3	20	.002
	Se basa en la mediana	4.988	3	20	.010
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	4.988	3	6.042	.045
	Se basa en la media recortada	6.407	3	20	.003

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: VMA

b. Diseño : Intersección + Dosificación

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 51, se basa en las medias donde la Sig. es  $0.045 \leq 0.05$  y se demuestra que existe heterogeneidad de varianza confirmando la H1.

### c. Análisis de varianza (Anova)

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H1= Existe por lo menos una media diferente.

**Tabla LII.**

ANOVA - % vacíos del agregado mineral

Variable dependiente: VMA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.143 <sup>a</sup>	3	.381	.862	.477
Intersección	5326.035	1	5326.035	12056.809	<.001
Dosificación	1.143	3	.381	.862	.477
Error	8.835	20	.442		
Total	5336.013	24			
Total corregido	9.978	23			

a. R al cuadrado = .115 (R al cuadrado ajustada = -.018)

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 52, la Sig. es  $0.001 \leq 0.05$  por lo que rechaza la  $H_0$ , es decir, hay diferencia entre al menos una media. Se utilizará el POST HOC de Tukey.

**Tabla LIII.**

Prueba de Tukey - % Vacíos del agregado mineral.

Variable dependiente: VMA

	(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Patrón	8% Cal	.1653	.38373	.972	-.9087	1.2394
		10% P. de ladrillo	.1103	.38373	.991	-.9637	1.1844
		Combinación	.5767	.38373	.454	-.4974	1.6507
	8% Cal	Patrón	-.1653	.38373	.972	-1.2394	.9087
		10% P. de ladrillo	-.0550	.38373	.999	-1.1290	1.0190
		Combinación	.4113	.38373	.710	-.6627	1.4854
	10% P. de ladrillo	Patrón	-.1103	.38373	.991	-1.1844	.9637
		8% Cal	.0550	.38373	.999	-1.0190	1.1290
		Combinación	.4663	.38373	.625	-.6077	1.5404
	Combinación	Patrón	-.5767	.38373	.454	-1.6507	.4974
		8% Cal	-.4113	.38373	.710	-1.4854	.6627
		10% P. de ladrillo	-.4663	.38373	.625	-1.5404	.6077

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 53, se evidencia que los especímenes experimentales de 8% de cal + 10% de P. ladrillo son altamente significativas.

**3.18.1.4. Rigidez**

Supuestos que debe cumplir:

**a. Normalidad**

Ho: Datos que siguen una distribución normal

H1: Datos que no siguen una distribución normal

**Tabla LIV.**

Prueba de normalidad – rigidez

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice_de_rigidez	.297	24	<.001	.853	24	.002

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 54, se visualiza que el tamaño de la muestra es  $n=24 \leq 50$  y el grado de Sig. es  $0.002 \geq 0.05$  por lo tanto se demuestra que es H1, dado a que no siguen una distribución normal.

## b. Homocedasticidad

$$H_0: a_1^2 = a_2^2 = a_3^2 = a_4^2$$

H1: Existe por lo menos una varianza diferente

**Tabla LV.**

Prueba de homocedasticidad – rigidez

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Índice_de_rigidez	Se basa en la media	10.990	3	20	<.001
	Se basa en la mediana	8.789	3	20	<.001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	8.789	3	14.122	.002
	Se basa en la media recortada	11.101	3	20	<.001

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 55, se basa en las medias donde la Sig. es  $0.001 \leq 0.05$  y se demuestra que existe heterogeneidad de varianza confirmando la H1.

## c. Análisis de varianza (Anova)

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H1= Existe por lo menos una media diferente.

**Tabla LVI.**

ANOVA – rigidez

Variable dependiente: Índice\_de\_rigidez

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	113990.290 <sup>a</sup>	3	37996.763	1.618	.217
Intersección	240528277,90	1	240528277,90	10243.472	<.001
Dosificación	113990.290	3	37996.763	1.618	.217
Error	469622.550	20	23481.127		
Total	241111890,74	24			
Total corregido	583612.840	23			

a. R al cuadrado = .195 (R al cuadrado ajustada = .075)

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 56, la Sig. es  $0.001 \leq 0.05$  por lo que rechaza la  $H_0$ , es decir, hay diferencia entre al menos una media. Se utilizará el POST HOC de Tukey.

**Tabla LVII.**

Prueba de Tukey – rigidez

Variable dependiente: Índice\_de\_rigidez

	(I) Dosificación	(J) Dosificación	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Patrón	8% Cal	-117.2003	88.47057	.559	-364.8238	130.4232
		10% P. de ladrillo	-164.4893	88.47057	.276	-412.1128	83.1342
		Combinación	-15.1107	88.47057	.998	-262.7342	232.5128
	8% Cal	Patrón	117.2003	88.47057	.559	-130.4232	364.8238
		10% P. de ladrillo	-47.2890	88.47057	.950	-294.9125	200.3345
		Combinación	102.0897	88.47057	.662	-145.5338	349.7132
	10% P. de ladrillo	Patrón	164.4893	88.47057	.276	-83.1342	412.1128
		8% Cal	47.2890	88.47057	.950	-200.3345	294.9125
		Combinación	149.3787	88.47057	.355	-98.2448	397.0022
	Combinación	Patrón	15.1107	88.47057	.998	-232.5128	262.7342
		8% Cal	-102.0897	88.47057	.662	-349.7132	145.5338
		10% P. de ladrillo	-149.3787	88.47057	.355	-397.0022	98.2448

Nota. Realización de los autores con el software SPSS. En la tabla 57, se evidencia que los especímenes experimentales de 8% de cal y la combinación son altamente significativas.

## **Anexo 4**

# **Instrumento de validación estadística con criterio de jueces expertos y criterio muestra piloto**

## Anexo 4.1. Ficha de validación juez 1

Colegiatura N.º 183753

### 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
Idrogo Pérez Cesar Antonio	Ingeniero Civil	Vacios del agregado mineral, vacíos llenos de C. A, Flujo, Estabilidad e índice de rigidez	Venegas Tello Dámaris Zuñiga Rodríguez Carlos
<b>Título de la Investigación:</b> Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.			

#### 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
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Vacios del agregado mineral	X		X		X		X	
2	Vacios llenos de C. A	X		X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	
5	Índice de rigidez	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )  
Apellidos y nombres del juez validador: Idrogo Pérez Cesar Antonio  
Especialidad: Ing. Civil

  
CIP: 183753

## Anexo 4.2. Ficha de validación juez 2

Colegiatura N.º 203939

### 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
Zamora Cubas Jorge Luis	Ingeniero Civil	Vacios del agregado mineral, vacíos llenos de C. A, Flujo, Estabilidad e índice de rigidez	Venegas Tello Dámaris Zuñiga Rodríguez Carlos
<b>Título de la Investigación:</b> Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.			

#### 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
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Vacios del agregado mineral	X		X		X			X
2	Vacios llenos de C. A	X		X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	
5	Índice de rigidez	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Zamora Cubas Jorge Luis

Especialidad: Ing. Civil

  
  
 JORGE LUIS ZAMORA CUBAS  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 203939

### Anexo 4.3. Ficha de validación juez 3



Colegiatura N.º 59091

#### 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
Medrano Lizarzaburu Eithel Yvan	Ingeniero Civil	Vacios del agregado mineral, vacíos llenos de C. A, Flujo, Estabilidad e índice de rigidez	Venegas Tello Dámaris Zuñiga Rodríguez Carlos
<b>Título de la Investigación:</b> Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.			

##### 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
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Vacios del agregado mineral	X		X		X		X	
2	vacíos llenos de C. A	X		X		X		X	
3	flujo	X		X		X			X
4	estabilidad	X		X		X		X	
5	Índice de rigidez	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )  
Apellidos y nombres del juez validador: Medrano Lizarzaburu Eithel Yvan

MEDRANO LIZARZABURU EITHEL YVÁN  
INGENIERO CIVIL  
REG CIP N° 59091



## Anexo 4.4. Ficha de validación juez 4

### Colegiatura N.º 101904

#### 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
Chávez Cotrina Carlos Ovideo	Ingeniero químico	Vacíos del agregado mineral, vacíos llenos de C. A, Flujo, Estabilidad e índice de rigidez	Venegas Tello Dámaris Zuñiga Rodríguez Carlos
<b>Título de la Investigación:</b> Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.			

##### 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
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE

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


	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Vacíos del agregado mineral	X		X			X	X	
2	Vacíos llenos de C. A	X		X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	
5	Índice de rigidez	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: Chávez Cotrina Carlos Ovideo

Especialidad: Ing. químico

  
Chávez Cotrina Carlos Ovideo  
CIP 101904

Anexo 4.5. Ficha de validación juez 5

**Colegiatura N.º 75063**

**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
Villegas Granados Luis Mariano	Ingeniero civil	Vacios del agregado mineral, vacíos llenos de C. A, Flujo, Estabilidad e índice de rigidez	Venegas Tello Dámaris Zuñiga Rodríguez Carlos
<b>Título de la Investigación:</b> Caracterización mecánica de una mezcla asfáltica usando cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral.			

**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.

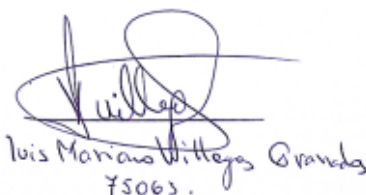
ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE
4	A	APLICABLE
5	A	APLICABLE

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

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Vacios del agregado mineral	X		X		X		X	
2	Vacios llenos de C. A	X		X		X		X	
3	Flujo	X		X		X		X	
4	Estabilidad	X		X		X		X	
5	Índice de rigidez	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )  
 Apellidos y nombres del juez validador: Villegas Granados Luis Mariano  
 Especialidad: Ing. Civil



Luis Mariano Villegas Granados  
75063.

## Anexo 4.6. Instrumentos de validación estadística

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS**  
**INSTRUMENTOS SOBRE METODOS DE ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN**  
**MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL**  
**POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL**

<b>CLARIDAD</b>					
CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL					
	Vacíos del agregado mineral	vacíos llenos de C. A	Flujo	Estabilidad	Índice de rigidez
JUEZ 1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	5	5	5	5	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	1	1	1	1	1
V de Aiken por criterio	1				

<b>CONTEXTO</b>					
CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL					
	Vacíos del agregado mineral	vacíos llenos de C. A	Flujo	Estabilidad	Índice de rigidez
JUEZ 1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	5	5	5	5	5
n	5				

c	2				
V de Aiken por pregunta	1	1	1	1	1
V de Aiken por criterio	1				

#### CONGRUENCIA

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL					
	Vacíos del agregado mineral	vacíos llenos de C. A	Flujo	Estabilidad	Índice de rigidez
JUEZ 1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1	1
JUEZ 4	0	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	4	5	5	5	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	0.8	1	1	1	1
V de Aiken por criterio	0.96				

#### DOMINIO CONSTRUCTIVO

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO LA CAL HIDRATADA Y EL POLVO DE LADRILLO COMO RELLENO MINERAL					
	Vacíos del agregado mineral	vacíos llenos de C. A	Flujo	Estabilidad	Índice de rigidez
JUEZ 1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	0	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	0	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1

JUEZ 5	1	1	1	1	1
s	4	5	4	5	5
n	5				
c	2				
V de Aiken por pregunta	0.8	1	1	1	0.8
V de Aiken por criterio	0.92				

**INSTRUMENTOS SOBRE METODO DE ENSAYOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS INCORPORANDO CENIZA DE ORIZA SATIVA Y MELAZA SACCHARUM OFFICINARUM**

**CUADRO DE RESUMEN DE LOS 4 DIMENSIONES POR EL MÉTODO AIKEN**


DIMENSIONES	V DE AIKEN POR
CLARIDAD	1.00
CONTEXTO	1.00
CONGRUENCIA	0.96
DOMINIO	0.92

INTERPRETACION: En la tabla anterior se muestra la validación de instrumentos según AIKEN donde los resultados en las 4 dimensiones nos dan mayor a 0.80, por lo cual nuestros instrumentos son confiables para ser utilizado en las tomas de datos en el laboratorio.

**CUADRO PROMEDIO FINAL DE LAS 4 DIMENSIONES POR MÉTODO AIKEN**

VALIDEZ DE AIKEN POR JUECES EXPERTOS	0.97
--------------------------------------	------

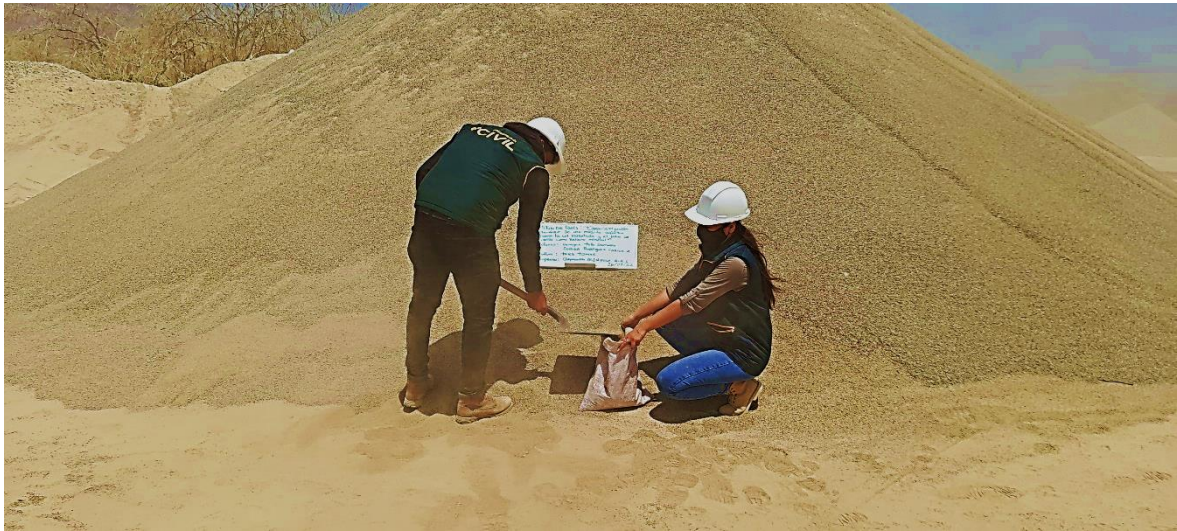
INTERPRETACION: Resultado final promedio de las dimensiones según AIKEN, donde nos da un valor mayor de 0.80 la cual confirma que nuestros instrumentos son confiables para ser utilizados en el laboratorio.

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

## **Anexo 5. Panel fotográfico**



## Anexo 5.1. Canteras de agregados estudio



**Fig. 63.** Adquisición de agregado fino Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe



**Fig. 64.** Adquisición de agregado grueso Cantera “Tres Tomas” – Ferreñafe

## Anexo 5.2. Materiales que se emplearon



Fig. 65. Adquisición del pen 60/70, Cantera "Tres Tomas" – Ferreñafe



Fig. 66. Cemento -Estructural Tipo I, Cemex Quisqueya





Fig. 67. Agua destilada



Fig. 68. Cal hidratada



**Fig. 69.** Polvo de ladrillo

### Anexo 5.3. Ensayos de agregados



**Fig. 70.** Cuarteo del agregado fino y grueso





**Fig. 71.** Ensayo de granulometría agregado fino y grueso



**Fig. 72.** Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino





**Fig. 73.** Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso



**Fig. 74.** Ensayo para el límite líquido, plástico e índice de plasticidad del agregado fino



Fig. 75. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino y grueso

#### Anexo 5.4. Ensayos para la cal y el polvo de ladrillo

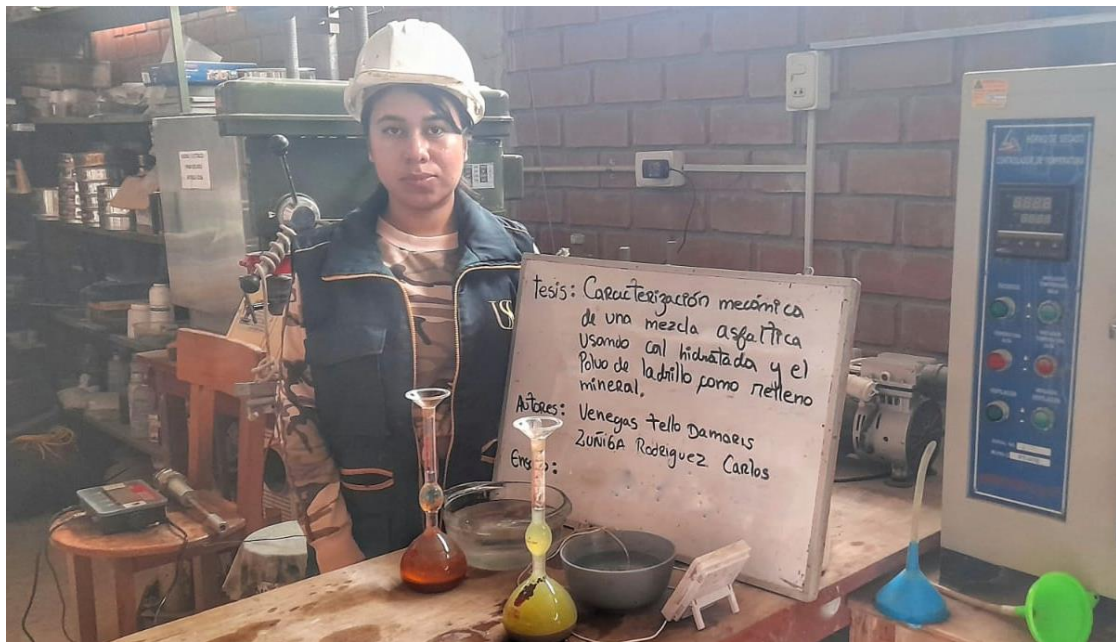


Fig. 76. Densidad de cal y el polvo de ladrillo



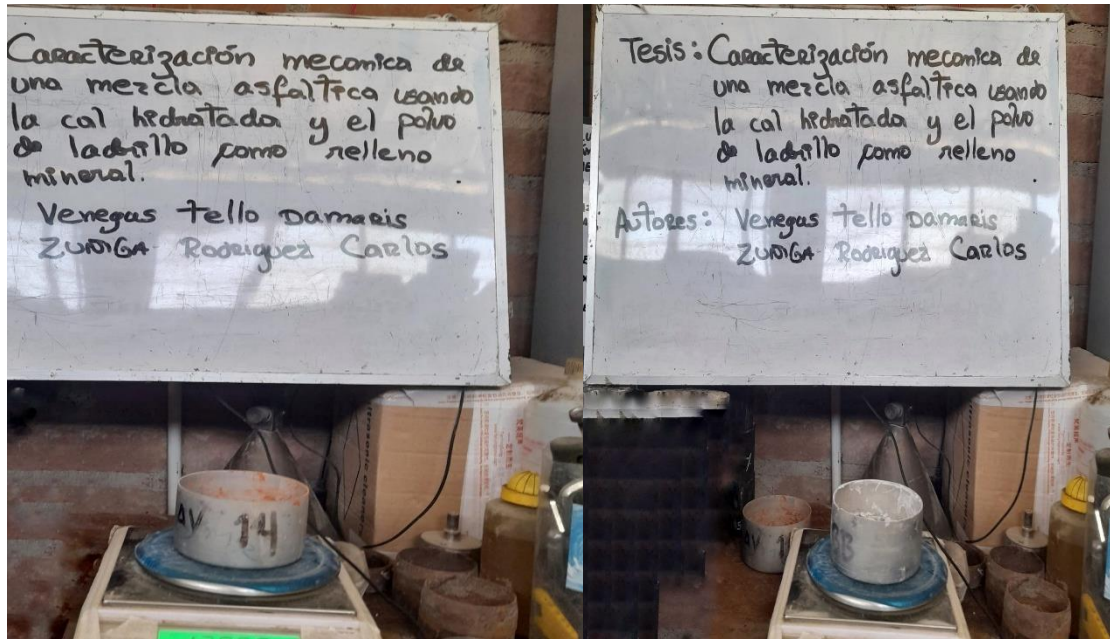


Fig. 77. Contenido de humedad del polvo de ladrillo y cal

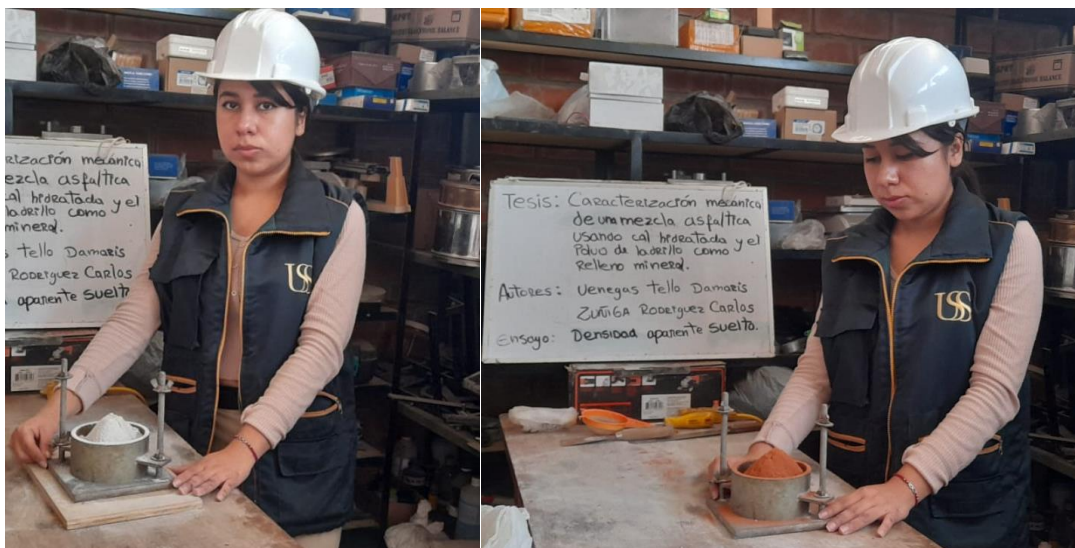


Fig. 78. Peso unitario suelto



**Fig. 79.** Peso unitario compactado



**Fig. 80.** Granulometría del polvo de ladrillo malla nº 200



**Anexo 5.5.** Diseño de mezcla asfáltica patrón (se realizó el mismo procedimiento para los tres diseños, con cal hidratada y polvo de ladrillo).



**Fig. 81.** Los agregados pasan a calentarse en el horno



**Fig. 82.** Incorporación los agregados fino y grueso + filler + pen y son pesados





**Fig. 83.** Preparación y mezclado uniforme de la mezcla en caliente



**Fig. 84.** 1º Aplicación del papel filtro para los moldes de las briquetas



**Fig. 85.** Incorporación de mezcla en la primera parte del molde



**Fig. 86.** Compactación con barra de acero (25 golpes)



**Fig. 87.** 2º Aplicación del papel filtro para los moldes de las briquetas



**Fig. 88.** Compactación con 75 golpes para ambos lados de la briqueta





**Fig. 89.** Retiración de la briqueta para posterior secado a temperatura ambiente

#### **Anexo 5.6. Propiedades mecánicas del asfalto**



**Fig. 90.** Muestras de briquetas para ser ensayadas



**Fig. 91.** Dimensionamiento de briquetas patrón + cal+ polvo de ladrillo



**Fig. 92.** Peso específico de briquetas patrón + cal+ polvo de ladrillo





**Fig. 93.** Muestras a inmersión a una temperatura de 60° C



**Fig. 94.** Colocación de las briquetas centrada en el segmento inferior de la mordaza



**Fig. 95.** Medidor de flujo en su posición de uso, no olvidando que debe estar en cero



**Fig. 96.** Diseño de mezcla asfáltica, para ensayo Rice



Fig. 97. Ensayo Marshall (Estabilidad de flujo)

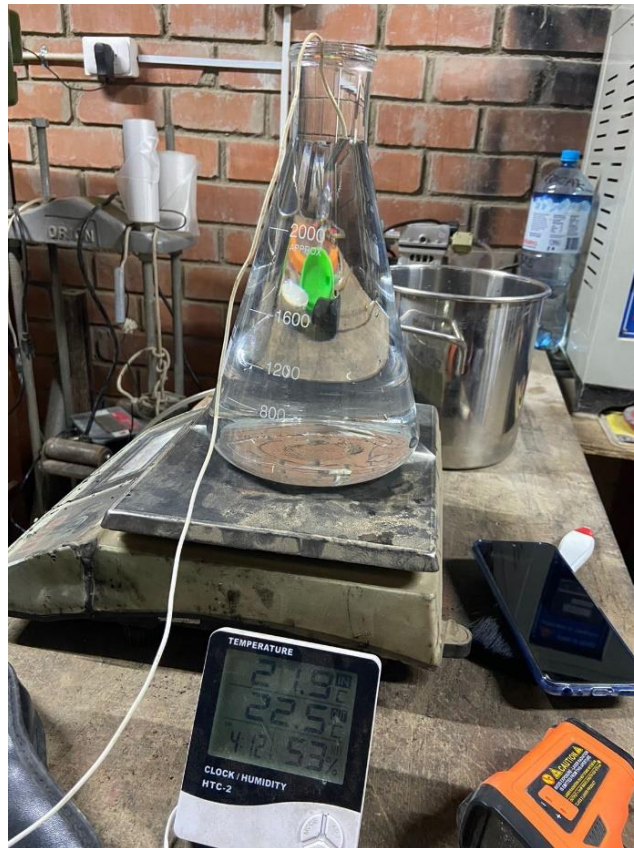


Fig. 98. Peso del matraz con agua destilada + cálculo de temperatura





**Fig. 99.** Peso del matraz con la muestra sin perder partículas



**Fig. 100.** Agitación del matraz manualmente y con una bomba de vacío por un periodo de 15 minutos



**Fig. 101.** Llenado del matraz con agua destilada, para obtener el peso calibrado, para obtener la temperatura adecuada

## **Anexo 6. Certificado de calibración de equipos.**



## Anexo 6.1. Certificado de calibración de la balanza electrónica.



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Masas*

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

#### PT - LM - 0112 - 2023

Página 1 de 4

1. Expediente	1912-2023	<p>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).</p> <p>Los resultados son validos 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 reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.	
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	200 kg	
División de escala (d)	0.05 kg	
Div. de verificación (e)	0.05 kg	
Clase de exactitud	III	
Marca	OPALUX	
Modelo	N.I	
Número de Serie	N.I	
Capacidad mínima	1.0 kg	
Procedencia	CHINA	
Identificación	LM-0112	
5. Fecha de Calibración	2023-03-01	

---

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2023-03-02	 JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	

---

☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 [www.perufest.com.pe](http://www.perufest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ [ventas@perufest.com.pe](mailto:ventas@perufest.com.pe)

🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0112 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.4	26.4
Humedad Relativa	51%	51%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0938-001-22
TOTAL WEIGHT	JUEGO DE PESAS DE 20 KG (Clase de Exactitud: M2)	CM-4187-2022
PESATEC	PESA 10 KG (Clase de Exactitud: M1)	1158-MPES-C-2022
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0908-001-22
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0112 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	26.4	26.4

Medición N°	Carga L1 = 100.00 kg			Carga L2 = 200.00 kg			
	l (kg)	$\Delta L$ (g)	E (g)	l (kg)	$\Delta L$ (g)	E (g)	
1	100.00	20	5	200.05	30	45	
2	100.05	10	65	200.05	35	40	
3	100.05	10	65	200.05	30	45	
4	100.00	20	5	200.05	20	55	
5	100.00	25	0	200.00	15	10	
6	100.05	15	60	200.00	20	5	
7	100.05	20	55	200.05	30	45	
8	100.00	15	10	200.05	35	40	
9	100.00	30	-5	200.05	35	40	
10	100.00	30	-5	200.05	35	40	
Diferencia Máxima			70	Diferencia Máxima			50
Error Máximo Permissible			150.0	Error Máximo Permissible			150.0

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
3	4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.1	21.2

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (kg)	$\Delta L$ (g)	Eo (g)	Carga L (kg)	l (kg)	$\Delta L$ (g)	E (g)	Ec (g)
1	0.50	0.50	20	5	70.00	70.00	30	-5	-10
2		0.50	20	5		70.00	25	0	-5
3		0.50	25	0		70.00	30	-5	-5
4		0.50	20	5		70.00	30	-5	-10
5		0.50	25	0		70.00	25	0	0
Error máximo permisible									100.0

\* Valor entre 0 y 10e





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0112 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.7 °C	26.7 °C

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± g)
	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0.50	0.50	20	5						
1.00	1.00	25	0	-5	1.00	20	5	0	50
5.00	5.00	20	5	0	5.00	25	0	-5	50
10.00	10.00	20	5	0	10.00	30	-5	-10	50
20.00	20.00	30	-5	-10	20.00	20	5	0	50
50.00	50.00	35	-10	-15	50.00	15	10	5	100
80.00	80.00	30	-5	-10	80.00	20	5	0	100
100.00	100.00	30	-5	-10	100.05	35	40	35	150
140.00	140.00	20	5	0	140.05	40	35	30	150
160.00	160.05	40	35	30	160.05	35	40	35	150
200.00	200.05	35	40	35	200.05	35	40	35	150

\*\* error máximo permisible

Legenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.001560 \text{ kg}^2 + 0.00000000458 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

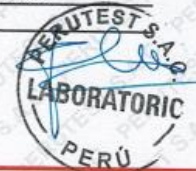
$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0001233 R$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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.

Fin del documento





## Anexo 6.2. Certificado de calibración de la balanza electrónica.



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Masas*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LM - 0111 - 2023

Página 1 de 4

<p><b>1. Expediente</b></p> <p><b>2. Solicitante</b></p> <p><b>3. Dirección</b></p> <p><b>4. Equipo de medición</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Capacidad Máxima</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>División de escala (d)</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Div. de verificación (e)</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Clase de exactitud</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Marca</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Modelo</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Número de Serie</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Capacidad mínima</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Procedencia</b></p> <p style="margin-left: 20px;"><b>Identificación</b></p> <p><b>5. Fecha de Calibración</b></p>	<p><b>1912-2023</b></p> <p><b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b></p> <p><b>CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE</b></p> <p><b>BALANZA ELECTRÓNICA</b></p> <p><b>2000 g</b></p> <p><b>0.01 g</b></p> <p><b>0.1 g</b></p> <p><b>III</b></p> <p><b>AMPUT</b></p> <p><b>457</b></p> <p><b>NO INDICA</b></p> <p><b>0.2 g</b></p> <p><b>NO INDICA</b></p> <p><b>NO INDICA</b></p> <p><b>2023-03-01</b></p>	<p>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).</p> <p>Los resultados son validos 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 reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	---	--

Fecha de Emisión

**2023-03-02**

Jefe del Laboratorio de Metrología



**JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA**

Sello



---

**913 028 621 / 913 028 622**

**913 028 623 / 913 028 624**

**www.perutest.com.pe**

**Av. Chillon Lofe 50B - Comas - Lima - Lima**

**ventas@perutest.com.pe**

**PERUTEST SAC**





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0111 - 2023

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.5 °C	26.5 °C
Humedad Relativa	53%	55%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0908-001-22

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0111 - 2023

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 1,000 g			Carga L2 = 2,000 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1000.00	5	0	2000.00	5	0
2	1000.00	4	1	2000.01	8	7
3	1000.01	8	7	2000.00	3	2
4	1000.00	5	0	2000.00	6	-1
5	1000.00	6	-1	2000.00	2	3
6	1000.01	9	6	2000.00	5	0
7	1000.00	4	1	2000.00	4	1
8	1000.00	5	0	2000.00	6	-1
9	1000.00	6	-1	2000.01	8	7
10	1000.00	4	1	2000.00	6	-1
	Diferencia Máxima		8	Diferencia Máxima		8
	Error Máximo Permissible		200	Error Máximo Permissible		300

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0.10	0.10	5	0	1000.00	1000.00	5	0	0
2		0.11	8	7		1000.00	4	1	-6
3		0.10	6	-1		1000.00	6	-1	0
4		0.10	5	0		1000.00	5	0	0
5		0.10	6	-1		1000.01	8	7	8
		Error máximo permisible				Error máximo permisible			200

\* Valor entre 0 y 10e

- ☎ 913 028 621 / 913 028 622
- ☎ 913 028 623 / 913 028 624
- 🌐 www.perutest.com.pe

- 📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
- ✉ ventas@perutest.com.pe
- 🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0111 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	26.4 °C	26.4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				Ec (mg)	DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)			l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	6	-1							
0.20	0.20	5	0	1	0.20	5	0	1		100
10.00	10.00	6	-1	0	10.00	5	0	1		100
100.00	100.00	7	-2	-1	100.00	4	1	2		100
500.00	500.00	6	-1	0	500.00	5	0	1		200
800.00	800.00	5	0	1	800.00	6	-1	0		200
1000.00	1000.00	6	-1	0	1000.00	7	-2	-1		200
1200.00	1200.00	6	-1	0	1200.00	2	3	4		200
1500.00	1500.00	4	1	2	1500.00	3	2	3		200
1800.00	1800.01	8	7	8	1800.00	3	2	3		200
2000.00	2000.01	8	7	8	2000.01	8	7	8		300

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

#### Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.000028 \text{ g}^2 + 0.00000000001 \text{ R}^2)}$$

#### Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.000026 R$$

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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.

Fin del documento

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC









# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C
Humedad Relativa	51%	51%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	1158-MPES-C-2022
PESATEC	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	1159-MPES-C-2022
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0938-001-22
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0908-001-22
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	15,000	600	-100	30,000	200	300
2	15,000	500	0	30,000	500	0
3	15,001	700	800	30,000	500	0
4	15,000	500	0	29,999	200	-700
5	15,000	600	-100	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,001	700	800
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	15,000	200	300	30,000	800	-300
9	14,999	300	-800	29,999	300	-800
10	15,000	500	0	30,000	500	0
	Diferencia Máxima		1,600	Diferencia Máxima		1,600
	Error Máximo Permisible		± 3,000	Error Máximo Permisible		± 3,000

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición  
de las  
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		10	500	0		10,001	800	700	700
2		10	400	100		10,000	500	0	-100
3	10 g	10	500	0	10,000	10,000	400	100	100
4		10	400	100		9,999	200	-700	-800
5		10	500	0		10,000	500	0	0
	Error máximo permisible								± 3,000

\* Valor entre 0 y 10e



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perufest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0110 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	26.4 °C	26.4 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l ( g )	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l ( g )	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	20,000	600	-100	-100	3,000
25,000	25,000	500	0	0	25,000	500	0	0	3,000
30,000	30,000	600	-100	-100	30,000	600	-100	-100	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>C</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.3787222 \text{ g}^2 + 0.00000000237 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000032 \text{ R}$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

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.

Fin del documento



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC



## Anexo 6.4. Certificado de calibración del horno.



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Temperatura*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LT - 037 - 2023

Página 1 de 5

<b>1. Expediente</b>	1912-2023	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).
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W &amp; C E.I.R.L.</b>	Los resultados son validos 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 reglamento vigente.
<b>3. Dirección</b>	CALLE LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
<b>4. Equipo</b>	<b>HORNO</b>	
Alcance Máximo	300 °C	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PT-H225	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	0120	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

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

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. Fecha de Calibración** 2023-03-01

Fecha de Emisión: 2023-03-02

Jefe del Laboratorio de Metrología



JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



---

☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perufest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perufest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

### 6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.3 °C	26.3 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
SAT	Termometro de indicacion digital	LT-0417-2023
METROIL	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

### 11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 26.3 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
El controlador se seteo en 110

#### PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	112.4	109.7	112.3	111.0	109.0	109.7	109.2	6.6
02	110.0	105.8	107.1	105.8	109.7	113.0	109.7	111.9	109.7	108.6	109.7	109.1	7.2
04	110.0	105.8	106.9	105.8	109.6	112.6	109.6	112.4	111.3	108.6	109.6	109.2	6.8
06	110.0	105.5	107.0	105.5	109.7	112.6	109.7	112.5	110.5	108.6	109.7	109.1	7.1
08	110.0	105.7	107.1	105.7	109.7	112.4	109.7	112.4	111.0	109.0	109.7	109.2	6.7
10	110.0	105.6	107.0	105.7	109.6	113.0	109.6	112.3	109.7	108.6	109.6	109.1	7.4
12	110.0	105.5	107.1	105.5	109.7	112.6	109.7	112.4	111.0	108.6	109.7	109.2	7.1
14	110.0	105.5	106.9	105.5	109.7	112.6	109.7	112.7	109.7	109.0	109.7	109.1	7.2
16	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.4	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.3	6.4
18	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.6	110.5	109.0	109.7	109.4	6.7
20	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
22	110.0	106.1	107.1	106.1	109.6	112.6	109.6	112.7	110.5	108.6	109.6	109.2	6.6
24	110.0	106.2	106.9	106.2	109.7	112.6	109.7	112.6	111.0	108.6	109.7	109.3	6.4
26	110.0	106.5	107.0	106.5	109.7	112.4	109.7	112.3	109.7	108.6	109.7	109.2	5.9
28	110.0	106.3	106.9	106.3	109.6	113.0	109.6	112.6	111.3	108.6	109.6	109.4	6.7
30	110.0	106.4	107.0	106.4	109.7	112.4	109.7	112.5	110.5	109.0	109.7	109.3	6.1
32	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.4	6.6
34	110.0	106.3	107.0	106.3	109.6	112.6	109.6	112.6	109.7	109.0	109.6	109.2	6.3
36	110.0	106.2	107.1	106.2	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	108.6	109.7	109.3	6.4
38	110.0	106.3	107.1	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.3	6.7
40	110.0	106.4	106.9	106.4	109.6	112.6	109.6	112.4	111.0	109.0	109.6	109.3	6.2
42	110.0	105.9	107.0	105.9	109.7	112.4	109.7	112.8	109.7	108.6	109.7	109.1	6.9
44	110.0	106.7	107.0	106.7	109.7	113.0	109.7	112.7	111.0	108.6	109.7	109.5	6.3
46	110.0	106.7	107.1	106.7	109.6	112.6	109.6	112.7	109.7	108.6	109.6	109.3	6.0
48	110.0	106.6	107.1	106.6	109.7	112.6	109.7	112.3	111.3	109.0	109.7	109.5	6.0
50	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	112.4	109.7	112.4	110.5	108.6	109.7	109.2	6.1
52	110.0	106.4	107.0	106.4	109.6	113.0	109.6	112.5	111.3	108.6	109.6	109.4	6.6
54	110.0	106.2	107.1	106.2	109.6	112.6	109.6	112.7	111.0	108.6	109.6	109.3	6.5
56	110.0	106.4	107.1	106.4	109.7	112.6	109.7	112.6	109.7	108.6	109.7	109.2	6.2
58	110.0	106.3	106.9	106.3	109.7	113.0	109.7	112.4	111.3	109.0	109.7	109.4	6.7
60	110.0	106.1	107.0	106.1	109.6	112.6	109.6	112.4	110.5	108.6	109.6	109.2	6.7
T.PROM	110.0	106.1	107.0	106.1	109.7	112.7	109.7	112.5	110.6	108.7	109.7	109.3	6.4
T.MAX	110.0	106.7	107.1	106.7	109.7	113.0	109.7	112.8	111.3	109.0	109.7	109.7	6.9
T.MIN	110.0	105.5	106.9	105.5	109.6	112.4	109.6	111.9	109.7	108.6	109.6	109.1	6.8
DTT	0.0	1.2	0.2	1.2	0.1	0.6	0.1	0.9	1.6	0.4	0.1	0.1	0.1



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC





# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR ( °C )	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA ( °C )
Máxima Temperatura Medida	113.0	22.0
Mínima Temperatura Medida	105.5	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	6.5	23.4
Estabilidad Medida ( ± )	0.8	0.04
Uniformidad Medida	7.4	23.4

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.  
T.MAX : Temperatura máxima.  
T.MIN : Temperatura mínima.  
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isothermo : 0.06 °C

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.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isoterma SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

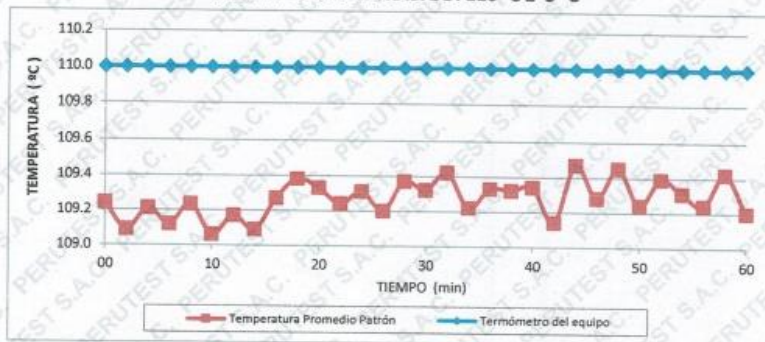
🏢 PERUTEST SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 037 - 2023

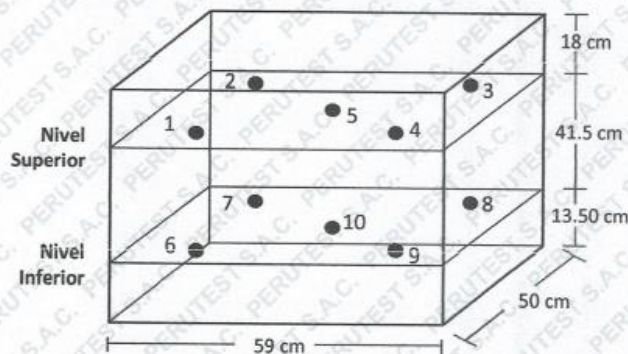
Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$



### DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.



#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



Anexo 6.5. Certificado de la prensa Marshall.



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

---

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LF - 056 - 2023

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	1912-2023	<p>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).</p> <p>Los resultados son validos 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 reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>2. Solicitante</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&amp;C E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA MULTIUSOS</b>	
<b>Capacidad</b>	5000 kgf	
<b>Marca</b>	FORNEY	
<b>Modelo</b>	7691F	
<b>Número de Serie</b>	2491	
<b>Procedencia</b>	U.S.A.	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Indicación</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	OHAUS	
<b>Modelo</b>	DEFENDER 300	
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA	
<b>Resolución</b>	0.1 kgf	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2023-03-01	

---

<p><b>Fecha de Emisión</b></p> <p>2023-03-02</p>	<p><b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b></p>  <p><b>JOSE ALJANDRO FLORES MINAYA</b></p>	<p><b>Sello</b></p> 
--	--	---

---

913 028 621 / 913 028 622

913 028 623 / 913 028 624

[www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

[ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)

PERUTEST SAC



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 056 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de la fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - D.M.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	27.8 °C	27.8 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-001 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 093-23 A/C



### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 056 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500	500.6	499.3	499.3	499.7
20	1000	1002.0	1000.2	1000.6	1000.8
30	1500	1501.6	1499.9	1500.7	1500.6
40	2000	2003.1	2001.9	2004.8	2003.3
50	2500	2501.4	2499.5	2500.4	2500.5
60	3000	3001.9	2999.4	3000.4	3000.4
70	3500	3502.1	3499.7	3501.7	3500.8
80	4000	4002.3	4000.0	4001.0	4000.8
90	4500	4502.8	4500.2	4501.2	4501.1
100	5000	5003.7	5000.4	5001.4	5001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
500	0.07	0.26	-0.02	0.02	0.36
1000	-0.08	0.18	-0.03	0.01	0.35
1500	-0.04	0.11	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.17	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.02	0.08	-0.04	0.00	0.34
3000	-0.01	0.08	-0.01	0.00	0.34
3500	-0.02	0.07	0.01	0.00	0.34
4000	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
4500	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
5000	-0.03	0.07	0.02	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. 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.

