

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor:

Bach. Villanueva Capillo, Jairo Alberto

Asesor:

Ms. Ing. Villavicencio González, Felipe Eleuterio

DNI: 26673663

ORCID: 0000-0002-3500-2378

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. Ing. Villavicencio González, Felipe Eleuterio
Asesor
DNI: 26673663
ORCID: 0000-0002-3500-2378

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2025

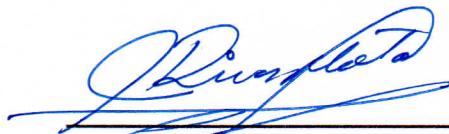
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



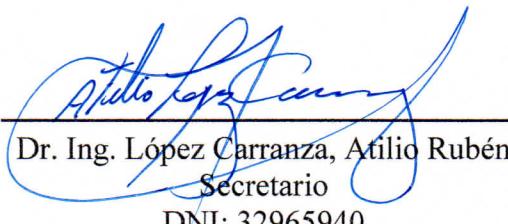
“Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR:



Ms. Ing. Rivasplata Díaz, Julio César
Presidente
DNI: 32770844
ORCID: 0000-0002-4180-9362



Dr. Ing. López Carranza, Atilio Rubén
Secretario
DNI: 32965940
ORCID: 0000-0002-3631-2001



Ms. Ing. Villavicencio González, Felipe Eleuterio
Integrante
DNI: 26673663
ORCID: 0000-0002-3500-2378



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 16 días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 12:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución Nº 675-2025-UNS-CFI, con fecha 07.11.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Integrante), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal Nº 907-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO INCORPORANDO FIBRA DE VIDRIO - SIHUAS, ANCASH 2024"**, presentado por el Bachiller VILLANUEVA CAPILO JAIRO ALBERTO con cód. Nº 0201613044, quien fue asesorado por el docente Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González según lo establece la T. Resolución Decanal Nº 306-2024-UNS-FI, de fecha 05.06.2024.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VILLANUEVA CAPILO JAIRO ALBERTO	17	BUENO.

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 16 de diciembre de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario

Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Felipe Villavicencio Gonzalez

Título del ejercicio: INFORME DE TESIS

Título de la entrega: "Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica...

Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_-_FINAL.docx

Tamaño del archivo: 1.76M

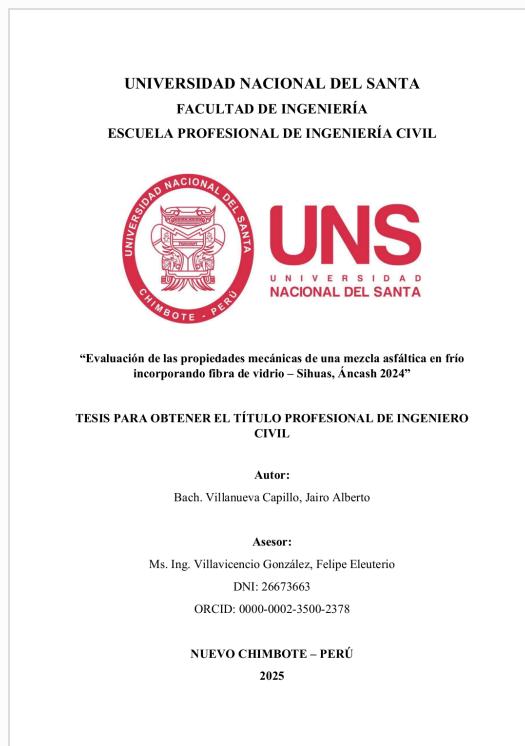
Total páginas: 96

Total de palabras: 19,323

Total de caracteres: 98,490

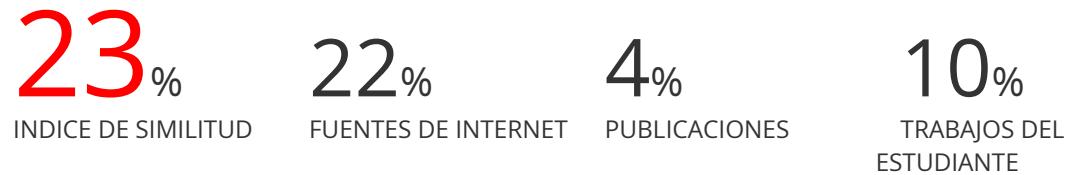
Fecha de entrega: 29-oct-2025 03:41p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2797087552



“Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024”

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Jose Carlos Mariategui Trabajo del estudiante	<1%
10	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mi familia, por todo su apoyo incondicional.

El autor

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Felipe Villavicencio González por su asesoramiento en la realización de esta investigación.

El autor

Índice General

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. <i>Problema general</i>	15
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	15
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	15
1.5. JUSTIFICACIÓN	16
1.5.1. <i>Justificación Teórica</i>	16
1.5.2. <i>Justificación Técnica</i>	16
1.5.3. <i>Justificación Económica - Ambiental</i>	16
1.6. IMPORTANCIA.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.1.1. <i>Internacionales</i>	19

2.1.2. <i>Nacionales</i>	21
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.2.1. <i>Mezcla Asfáltica en Frío</i>	23
2.2.2. <i>Fibra de Vidrio</i>	40
3. METODOLOGÍA.....	46
3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	46
3.2. MÉTODO.....	46
3.2.1. <i>Tipo de Investigación</i>	46
3.2.2. <i>Alcance de Investigación</i>	46
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.4. POBLACIÓN	48
3.5. MUESTRA	48
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	50
3.6.1. <i>Variables</i>	50
3.6.2. <i>Matriz de Consistencia</i>	51
3.6.3. <i>Matriz de Operacionalización de Variables</i>	52
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.7.1. <i>Ánálisis granulométrico de agregados gruesos y finos (MTC E 204, ASTM C136/C136M-19)</i>	53
3.7.2. <i>Gravedad específica y absorción de agregados (MTC E 205, ASTM C128-22) (MTC E 206, ASTM C127-24)</i>	54
3.7.3. <i>Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½ ”) (MTC E 207, ASTM C131/C131M-20)</i>	56
3.7.4. <i>Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (MTC E 209, ASTM C88/C88M-24)</i>	57

3.7.5. <i>Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E 210, ASTM D5821-13)</i>	58
3.7.6. <i>Angularidad (MTC E 222, ASTM C1252-23)</i>	59
3.7.7. <i>Partículas planas y alargadas (MTC E 223, ASTM D4791-19)</i>	60
3.7.8. <i>Equivalente de arena (MTC E 114, ASTM D2419-22)</i>	61
3.7.9. <i>Diseño de mezcla asfáltica en frio</i>	63
3.8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1. RESULTADOS.....	68
4.1.1. <i>Caracterización de los Agregados Pétreos para el Diseño de Mezcla Asfáltica</i>	68
4.1.2. <i>Diseño de Mezcla Asfáltica en Frío con Emulsión</i>	70
4.1.2.1. <i>Gradación de la mezcla</i>	70
4.1.3. <i>Incorporación de fibra de vidrio a la mezcla asfáltica en frío</i>	79
4.1.4. <i>Comparación de los valores de estabilidad y flujo de la mezcla convencional y modificada con fibra de vidrio</i>	80
4.1.5. <i>Prueba de Hipótesis</i>	82
4.2. DISCUSIÓN	85
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1. CONCLUSIONES	90
5.2. RECOMENDACIONES.....	91
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

Índice de Tablas

Tabla 1 Requisitos de los agregados pétreos para pavimento asfáltico en frío	25
Tabla 2 Gradaciones para mezclas densas en frío	31
Tabla 3 Tipos de mezcla en función del tipo y espesor compacto de la capa.....	31
Tabla 4 Parámetros para diseño de mezcla densa en frío con emulsión asfáltica	40
Tabla 5 Muestras para el grupo de control	49
Tabla 6 Muestras para el grupo experimental	50
Tabla 7 Matriz de consistencia	51
Tabla 8 Matriz de operacionalización de variables.....	52
Tabla 9 Gravedad específica y absorción del agregado grueso	69
Tabla 10 Gravedad específica y absorción del agregado fino	69
Tabla 11 Comparación de los ensayos a los agregados con los parámetros del MTC	70
Tabla 12 Prueba de recubrimiento o cobertura.....	72
Tabla 13 Estabilidad de la mezcla en función de la humedad de compactación.....	72
Tabla 14 Cuadro resumen con porcentajes de asfalto residual.....	74
Tabla 15 Propiedades Método Illinois – Marshall Modificado.....	78
Tabla 16 Diseño de mezcla asfáltica en frío con emulsión (patrón)	78
Tabla 17 Proporción de fibra de vidrio y agregados para la mezcla	79
Tabla 18 Resultados de la mezcla asfáltica en frío con fibra de vidrio.....	80
Tabla 19 Estabilidad de briquetas con 0.1% de fibra para prueba de hipótesis.....	82

Índice de Figuras

Figura 1 Curvas típicas del diseño de mezcla en frío con emulsión	39
Figura 2 Diagrama de diseño de investigación	48
Figura 3 Composición de las mezclas con fibra de vidrio	50
Figura 4 Análisis granulométrico de los agregados pétreos	54
Figura 5 Saturación de agregados para ensayo de gravedad específica y absorción	56
Figura 6 Esferas metálicas para ensayo de abrasión	57
Figura 7 Muestras para durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino	58
Figura 8 Angularidad del agregado fino	60
Figura 9 Ensayo de partículas planas y alargadas	61
Figura 10 Ensayo de equivalente de arena	62
Figura 11 Curva granulométrica del agregado grueso	68
Figura 12 Curva granulométrica del agregado fino	68
Figura 13 Gradación de los agregados combinados para la mezcla densa en frío	71
Figura 14 Estabilidad vs Humedad de compactación	73
Figura 15 Gráfica de Estabilidad seca y húmeda vs Asfalto Residual	74
Figura 16 Gráfica de Pérdida de estabilidad vs Asfalto Residual	75
Figura 17 Gráfica de Densidad bulk seca vs Asfalto Residual	75
Figura 18 Gráfica de Humedad absorbida vs Asfalto Residual	76
Figura 19 Gráfica de Vacíos totales vs Asfalto Residual	77
Figura 20 Gráfica de Flujo vs Asfalto Residual	77
Figura 21 Comparación de los valores de estabilidad de la mezcla convencional y modificada	80
Figura 22 Comparación de los valores de flujo de la mezcla convencional y modificada	81
Figura 23 Comparación de los valores de estabilidad para un flujo de 4.25 mm	81

Figura 24 Distribución t de Student para estabilidad de briquetas con 0.1% de fibra de vidrio 84

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de evaluar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío al incorporarle fibra de vidrio. Este estudio tuvo un enfoque cuantitativo, alcance correlacional y diseño cuasiexperimental. El desarrollo de la investigación abordó varias etapas, comenzando por evaluar la calidad de los agregados provenientes de la provincia de Sihuas en Áncash. Luego, se realizó el diseño de la mezcla asfáltica en frío, del tipo densa y con emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta como ligante, para esto se usó el Método Illinois que es un derivado del Método Marshall para mezclas en caliente, este método dio como dosificación 48.0% de grava, 52.0% de arena, 7.4% de emulsión asfáltica y 3.6% de agua. Se incorporó 0.1%, 0.2% y 0.3% de fibra de vidrio sustituyéndola por parte del agregado fino. La cantidad de 0.1% de fibra fue la que dio mejores resultados en la mezcla, para un mismo flujo de 4.25 mm la estabilidad aumentó de 1613.3 kg a 1750.7 kg, lo que significa un incremento del 8.5%, esto demostró que al incorporarle fibra de vidrio a la mezcla asfáltica en frío mejoran la estabilidad y flujo.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, fibra de vidrio, emulsión asfáltica.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the mechanical properties of a cold asphalt mixture when fiberglass is added. This study had a quantitative approach, correlational scope, and quasi-experimental design. The research was conducted in several stages, beginning with an evaluation of the quality of aggregates from the province of Sihuas in Áncash. Next, a dense cold asphalt mixture was designed using slow-breaking cationic asphalt emulsion as a binder. The Illinois Method, which is derived from the Marshall Method for hot mixes, was used for this purpose. This method yielded a dosage of 48.0% gravel, 52.0% sand, 7.4% asphalt emulsion, and 3.6% water. 0.1%, 0.2%, and 0.3% fiberglass was incorporated, replacing part of the fine aggregate. The 0.1% fiber content yielded the best results in the mix. For the same 4.25 mm flow, stability increased from 1613.3 kg to 1750.7 kg, representing a 8.5% increase. This demonstrated that adding fiberglass to the cold asphalt mix improves stability and flow.

Keywords: Asphalt mixture, fiberglass, asphalt emulsion.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1. Descripción del problema

En la construcción y mantenimiento de pavimentos, las mezclas asfálticas en frío se utilizan ampliamente debido a su facilidad de aplicación y reducción de costos energéticos en comparación con las mezclas en caliente. El manual MS-14 del Instituto del Asfalto nos menciona tres ventajas que tiene una mezcla en frío: es versátil, se encuentra disponible varios tipos y grados de asfalto para satisfacer los diferentes requisitos de diferentes agregados y condiciones climáticas; es económico, posibilita lograr altas tasas de producción con una inversión comparativamente baja en equipos y energía pudiendo utilizar agregado disponible localmente; y no contaminante, como no se necesitan secadores para calentar el agregado no se produce humo y la emisión de polvo es bastante baja; además, cuando se utiliza asfalto emulsionado generalmente no se producen humos ni olores desagradables; porque, para usarse en la mezcla no requiere que se caliente (Asphalt Institute, 1997, p. 1). Sin embargo, uno de los principales desafíos de estas mezclas es su rendimiento mecánico, ya sea en cuanto a la durabilidad, resistencia a la fatiga y capacidad para soportar cargas repetitivas y condiciones ambientales adversas. Las mezclas asfálticas en frío suelen mostrar menor resistencia mecánica en comparación con las mezclas en caliente, se puede evidenciar esto en estudios como los de Bulla et al. (2017), realizados en Colombia, los cuales mostraron que una MDC-19 (mezcla densa en caliente) cuenta con mejores características técnicas que una MDF-19 (mezcla densa en frío), ambas elaboradas con los mismos agregados pétreos, en nuestro país según el estudio de Aranguri y Valverde (2018) el cual buscó comparar ambos tipos de mezclas se halló que la estabilidad de la mezcla en caliente es un 24.72% mayor que la mezcla en frío. Esta es una de las razones por la cual el Instituto del Asfalto dice, en su manual MS-14, que el uso de mezclas en frío como capa superficial es adecuada solo para tráfico medio y ligero (Asphalt Institute, 1997, p. 2).

Estas desventajas en las mezclas en frío se deben principalmente a que no son calentadas antes de su aplicación como las mezclas en caliente, al calentar tanto los agregados como el ligante asfáltico, se consigue una mejor adherencia entre ellos, lo que garantiza que los componentes de la mezcla trabajen de forma conjunta para resistir las cargas del tráfico y las condiciones climáticas adversas. Como consecuencia de no ser calentadas, las mezclas en frío pueden desgastarse más rápido y presentar los problemas comunes que vemos en los pavimentos (Gonzales, 2023).

Entonces si se mejorará esta deficiencia y sumadas todas las ventajas que posee sería un buen reemplazo para la mezcla en caliente sobre todo para ser usado en lugares como las zonas altoandinas o selva en donde no hay plantas de asfalto en caliente.

Una posible solución para mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en frío es la incorporación de aditivos que refuerzen la cohesión interna y mejoren su comportamiento frente a las cargas dinámicas. Existen muchas investigaciones en las cuales se han agregado diferentes tipos de aditivos a las mezclas asfálticas para mejorar su desempeño, tales como: PET, caucho, polipropileno, escoria, entre otras más; para este proyecto se optó por usar fibra de vidrio como aditivo, el cual es un material muy liviano y con una gran resistencia mecánica. Las fibras de vidrio han demostrado potencial para mejorar la resistencia a la fisuración, aumentar la durabilidad y mejorar la estabilidad de las mezclas asfálticas en caliente en diversas investigaciones, pero su uso en mezclas asfálticas en frío no ha sido ampliamente estudiado, lo que genera un vacío de conocimiento sobre los efectos específicos de esta incorporación en las propiedades mecánicas de dichas mezclas.

De forma resumida, la problemática se centra en la baja durabilidad y limitada resistencia mecánica de las mezclas asfálticas en frío tradicionales y en cómo la incorporación de fibra de vidrio puede representar una solución viable para mejorar dichas propiedades; así

como, plantear su aplicación en lugares donde usar mezclas asfálticas en caliente es muy complicado o imposible.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. *Problema general*

- ¿Cómo cambian las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio en Sihuas, Áncash 2024?

1.2.2. *Problemas específicos*

- ¿Cuál es el diseño de la mezcla asfáltica en frío convencional?
- ¿Cuáles son los porcentajes de sustitución de fibra de vidrio por el agregado fino en la mezcla asfáltica en frío convencional?
- ¿Cuál es el porcentaje de sustitución de fibra de vidrio que otorgue la estabilidad y flujo más eficiente en la mezcla modificada?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo General*

- Evaluar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio en Sihuas, Áncash 2024.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Realizar el diseño de la mezcla asfáltica en frío convencional.
- Probar la sustitución de diferentes porcentajes de fibra de vidrio por el agregado fino en la mezcla asfáltica en frío convencional.
- Definir el porcentaje de sustitución de fibra de vidrio que otorgue la estabilidad y flujo más eficiente en la mezcla modificada.

1.4. Formulación de Hipótesis

Las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío mejoran significativamente al incorporar fibra de vidrio.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación Teórica

Lo que se busca con esta investigación es aumentar el conocimiento que se tiene sobre la mezcla asfáltica en frío hecha con emulsión asfáltica y como esta interactúa con la fibra de vidrio. En nuestro país existen varias investigaciones con la inclusión de este material, pero solo en mezclas asfálticas en caliente, por lo que se pretende llenar ese vacío de conocimiento. Además, se planteó usar materiales provenientes de Sihuas para emular como sería el comportamiento de esta mezcla asfáltica si se fabricara en lugares de la sierra del país con los materiales propios del lugar los cuales se trabajan a partir de pétreos obtenidos en las riberas de los ríos.

1.5.2. Justificación Técnica

Uno de los principales problemas de la mezcla en frío es su baja resistencia por lo que en esta investigación se busca mitigar esa deficiencia al agregarle fibra de vidrio.

1.5.3. Justificación Económica - Ambiental

La mezcla asfáltica en frío no requiere de maquinaria, equipo o un proceso complejo para su fabricación como con las mezclas en caliente, tampoco requiere de un gasto energético, estas ventajas la hacen una buena alternativa económica para su aplicación en ciertas obras donde sería poco viable usar mezclas en caliente. La fibra de vidrio es un material de bajo costo y sumando sus propiedades técnicas es una buena opción como refuerzo.

En cuanto a lo ambiental la mezcla en frío al ser preparada sin calentarse se ahorra en consumo de energía y no emite gases contaminantes. También, la mezcla hecha con emulsión es una mejor opción en el aspecto ambiental en comparación con la mezcla en frío hecha con asfalto diluido, este tipo de asfalto usa disolventes como nafta que al evaporarse llegan a contaminar el medio ambiente.

1.6. Importancia

La demanda de materiales para carreteras más resistentes y respetuosos con el medio ambiente, adaptados al clima actual, en el que la preservación del medio ambiente y la eficiencia energética se están convirtiendo en preocupaciones prioritarias, es lo que ha impulsado este estudio. El objetivo de este estudio es utilizar fibra de vidrio, un material barato y fácilmente disponible, para mejorar el rendimiento mecánico de las mezclas asfálticas en frío. Además, se pretende avanzar en el conocimiento de un área aún por descubrir, como es la de las mezclas asfálticas en frío, que reciben menos atención en nuestro país que las mezclas en caliente.

A nivel técnico, la investigación busca una alternativa viable que incremente la estabilidad, la resistencia al flujo y la durabilidad de las mezclas en frío, sin comprometer su facilidad de aplicación ni su bajo impacto ambiental. La incorporación de fibra de vidrio representa una opción que puede fortalecer la estructura interna del material, reduciendo el deterioro prematuro y extendiendo la vida útil de los pavimentos.

Asimismo, esta investigación puede servir como guía para diseñar mezclas en frío emulsionadas mediante el Método Illinois y los resultados pueden ayudar a futuras tesis e investigaciones que den como fin la aplicación extendida de este tipo de mezcla en obras viales y una adopción generalizada por parte de la comunidad dedicada a la construcción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Lara y Suquillo (2024) en su tesis de titulación realizada en Ecuador, tuvieron como objetivo evaluar las cualidades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en frío al incorporar agregado reciclado y fibras de vidrio; con esto buscaron determinar si puede ser aplicada en tareas regulares de bacheo o en rehabilitación de vías. La mezcla asfáltica en frío, para esta investigación, se creó incrementando gradualmente los porcentajes de fibras de vidrio hasta llegar al 1,25%; además de usar material fresado, agregados naturales y asfalto diluido RC-250. La mezcla modificada dio buenos resultados; las fibras de vidrio hicieron que las briquetas de asfalto mejoraran sus propiedades Marshall (estabilidad y flujo), con una estabilidad de 1986.15 lb con respecto a la mínima de 1800 lb y un flujo dentro del rango límite de 30 a 55 pulgadas sobre cien para una dosificación de 2.78% de RC-250 y 0.5 % de fibras de vidrio.

Bonilla (2024) en su estudio realizado en Ecuador, tuvo como meta examinar el comportamiento de una mezcla asfáltica elaborada en caliente a la cual se le adicionó fibra de vidrio. Inicialmente, se realizó una secuencia de ensayos sobre los agregados pétreos para determinar qué tan idóneos eran para la producción de briquetas asfálticas. La cantidad óptima de ligante asfáltico resultó ser del 6,45%. Comparando los resultados obtenidos para porcentajes del 5, 7.5, 10, 15 y 25%, se encontró la proporción ideal de fibra de vidrio; el 5% mostró las mejores cualidades. Ya finalizadas todas las etapas de la investigación, los resultados demostraron que el concreto asfáltico al que se le agregó fibra de vidrio vio reducida su estabilidad en un 11,05% con respecto al concreto asfáltico normal. El resto de sus características, a excepción de los vacíos llenos de asfalto, que superaban en un 5.5% los criterios Marshall, cumplían todos los parámetros.

Eguino y Miranda (2023) en su tesis realizada en Bolivia, se propusieron crear un micropavimento añadiéndole fibra de vidrio con el objetivo de evitar el agrietamiento por reflexión y aumentar la cohesividad a la superficie de apoyo. Para ello, siguieron los criterios de la edición de 2010 de la ISSA - A143, comenzando por la evaluación y caracterización de los materiales que se utilizarían en el diseño del micropavimento. Sólo dos de las cuatro mezclas (M1, M2, M3 y M4) se incluyeron en el diseño debido a las limitaciones del proyecto y a las modificaciones del material, estas fueron M2 y M4. Utilizando el ensayo de rueda cargada (LWT) y el ensayo de abrasión en húmedo (WTAT) junto con los criterios de intersección y área equivalente, se calculó la dosificación ideal del contenido de asfalto para el diseño de micropavimentos convencionales. Los resultados arrojaron valores de 14% y 11% de emulsión para las mezclas M2 y M4, respectivamente. A partir de estos resultados, se utilizó el criterio de intersecciones para calcular la proporción ideal de fibra de vidrio (FV), obteniéndose porcentajes de 0,13 y 0,19% para las muestras M2 y M4, respectivamente. Finalmente, se comprobó que la adición de fibra daba lugar a mayores pérdidas por abrasión en húmedo; sin embargo, no había diferencias apreciables en la exudación de asfalto. El micropavimento presentaba un buen comportamiento en términos de compactación y desplazamiento. Por su mayor rentabilidad, debido a su menor contenido de emulsión, la mezcla M4+FV fue la opción más práctica.

Quimbita (2023) en su estudio en el campo de las mezclas de asfalto utilizó agregado pétreo de la cantera Herrera de la ciudad de Latacunga para elaborar tres briquetas de mezcla en frío para cada porcentaje de 3, 6, 9, 12 y 15% de adición de caucho; esto lo hizo mediante el método Marshall para obtener parámetros que le permitieran posteriormente diseñar un pavimento flexible. Al realizar los ensayos en las briquetas, los valores de estabilidad/flujo de las muestras modificadas, no superaban los valores obtenidos en las muestras sin adición de

caucho, concluyéndose que agregar dicho material a la mezcla no mejora las propiedades mecánicas.

Rodríguez y Sandoval (2022), en su investigación desarrollada en Colombia, centraron su estudio en evaluar el desempeño de una mezcla asfáltica en frío que utilizó como ligante una emulsión asfáltica de rompimiento lento, incorporando diferentes proporciones de cemento de alta resistencia (2%, 4%, 6%, 8% y 10%) dentro del material de relleno. La metodología empleada fue cuantitativa de tipo experimental. Una vez diseñada la mezcla estándar, se determinó que la proporción ideal de emulsión era del 7%, se prepararon 7 briquetas para cada porcentaje de cemento las cuales se ensayaron en el equipo Marshall. Para un 10% de cemento, la estabilidad y flujo fueron 15.07 kN y 3.94 mm respectivamente; estos valores dieron la mayor relación estabilidad/flujo que fue de 3.83 kN/mm.

2.1.2. Nacionales

El objetivo de la tesis de García (2023) fue conocer las características físicas y mecánicas de la combinación de mezcla en caliente con fibra de vidrio. Se realizó utilizando un diseño experimental, aplicado, explicativo y con un enfoque cuantitativo. Para este caso la técnica de estudio fue mediante la observación utilizando como instrumentos guías o fichas de observación. La población y la muestra fueron las mismas e incluyó un total de 24 briquetas. Para evaluar los datos, se aplicó estadística descriptiva. Para las pruebas de viscosidad, densidad, porcentaje de vacíos y estabilidad, las proporciones en las que se agregó la fibra de vidrio oscilaron entre 3% y 6%. Se concluyó que una adición de fibra de vidrio del 4% produce los mejores resultados en términos de cualidades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica.

Paitán y Rojas (2023) realizaron una tesis en la que trataron de averiguar cómo afecta el polvo de sílice a una mezcla asfáltica en frío tomando dicho aditivo de las canteras Pachacayo y San Lorenzo en Huancayo. Emplearon el nivel explicativo, diseño experimental e investigación aplicada; los porcentajes utilizados comenzaron desde el 1% y fueron

aumentando en 0.25% hasta llegar al 2%. La técnica de muestreo fue no probabilística. Se elaboraron 33 briquetas utilizando el método Illinois y de ellas 18 se hicieron para la muestra estándar y 15 para la muestra con sílice. Se dosificó la muestra estándar en proporciones de 8.5% de emulsión asfáltica, 3.25% de agua, 31.1% de árido grueso y 60.4% de árido fino para la cual dio 6 kn en estabilidad, flujo de 26.5 mm, y densidad de 2.29 gr/cm³. Para la muestra con sílice, la cantidad ideal de este aditivo fue de 1.70%, con una estabilidad de 5.47 kn, flujo de 18.2 mm, y densidad de 2.20 gr/cm³. Se determinó que existe una mejora positiva en la mezcla asfáltica, aunque la estabilidad de la mezcla que contiene sílice se redujo en un mínimo de 8.83%, el flujo mejoró al reducirse en 45.6% aumentando la resistencia flexible.

Con el fin de investigar las variaciones en la estabilidad y el flujo de una mezcla asfáltica fría, Rodríguez (2023) añadió fibras de polietileno a la mezcla. Este trabajo empleó un diseño experimental y tuvo un alcance explicativo. Se determinó que la proporción ideal de fibra de polietileno era del 0.5 %. Tras la adición, la fluidez aumentó de 3.5 a 4.3 mm y la estabilidad pasó de 13402.77 a 13871.43 N. Según los resultados, la fibra de polietileno mejora la resistencia a la fluidez y la estabilidad.

Gavino (2022) en su estudio realizado en Huancayo, tuvo como objetivo conocer el grado de variación de la resistencia mecánica de una mezcla asfáltica en frío a la cual le adicionó poliestireno expandido. El estudio tuvo un diseño experimental. Dos tipos diferentes de mezclas constituyeron el tamaño de la muestra, una con un diseño tradicional y la otra con inclusión de poliestireno. El poliestireno fue añadido en proporciones de 0.01%, 0.02%, 0.03% y 0.04% del total de la mezcla. Se realizaron tres pruebas para cada porcentaje, para un total de doce muestras. Según los resultados, 2.28 resultó ser el valor de la densidad Bulk promedio (G) de la mezcla asfáltica convencional, pero las mezclas que contenían poliestireno al 0.04%, 0.03%, 0.02% y 0.01% tenían valores G de 2.17, 2.18, 2.19 y 2.23, respectivamente. La estabilidad (kg-f) media de la mezcla convencional fue de 929.00, pero las medias de las

modificadas con poliestireno fueron de 1235.00, 1160.67, 1315.33 y 1471.00. En cuanto al flujo, la media para la mezcla tradicional fue de 10.10 y las modificadas fueron 11.63, 11.27, 8.20 y 7.20. Como resultado, se determinó que la adición de poliestireno expandido provoca una variación considerable de la resistencia mecánica.

Ponce (2021) en su tesis de titulación buscó conocer el impacto que tendría el uso de fibras de vidrio al ser consideradas como aditivo dentro del diseño de mezclas asfálticas en caliente para reparar pavimentos flexibles y proporcionar un remedio a los problemas con el asfalto y, por extensión, la capa asfáltica. Este estudio utilizó un diseño experimental y un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo-explicativo. Como técnica se usó la observación experimental realizada mediante ensayos de laboratorio y como instrumentos las guías de observación y formatos de recolección de resultados. Se mostraron mejoras en la mezcla en caliente para la rehabilitación de pavimentos flexibles, en la que se produjeron ocho briquetas: dos sin ninguna adición de fibra y seis con porcentajes del 1%, 3% y 5% de fibras de vidrio añadidas. Al hacer una comparación entre el asfalto modificado con el asfalto desprovisto de fibras de vidrio, se observaron resultados favorables. Basándose en los resultados, se determinó que el asfalto modificado que contiene un 3% de fibras de vidrio presenta una estabilidad y un comportamiento de flujo superiores, con valores respectivos de 1122 kg y 3.43 mm.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Mezcla Asfáltica en Frío

La combinación de asfalto emulsionado o diluido con agregado mineral, ambos sin calentar, se le conoce como mezcla asfáltica en frío (Asphalt Institute, 1997, p. 1).

Son combinaciones, según Ramos y Muñiz (2013), formadas por uno o más áridos pétreos combinados con agua y una emulsión asfáltica. Como el asfalto es menos viscoso en esta forma de emulsión, la mezcla es más trabajable y sencilla de compactar. Cuando se ha evaporado suficiente agua la emulsión rompe y la mezcla en frío empieza a adquirir buena

resistencia. Estas mezclas se producen sin calentar los áridos utilizando asfaltos líquidos (p. 50).

Para esta investigación se tendrá en cuenta la definición hecha por el Instituto del Asfalto ya que es la más antigua y define de manera sencilla y práctica lo que una mezcla asfáltica en frío es.

2.2.1.1. Componentes

a. Agregados Pétreos. Según Guevara et al. (2010) la definición que nos dan orientada a las mezclas asfálticas y pavimentos es que son materiales provenientes de la desintegración mineral utilizado como partículas o piezas graduadas en un pavimento de mezcla asfáltica en caliente o en frío. También recibe los nombres de material granular o agregado mineral. Las arenas y gravas son los agregados utilizados en las capas de bases o subbases granulares, así como en las mezclas asfálticas y es lo que les proporcionan resistencia, estabilidad y durabilidad a dichas estructuras al formar la base o el esqueleto (p. 35).

También pueden definirse como los áridos que se mezclan con diferentes tipos de asfalto para crear mezclas con distintos fines. Estos áridos constituyen el 90% o más del peso de las mezclas y tienen un gran impacto en las cualidades del producto final. Los áridos más utilizados son la arena, el relleno mineral, la grava triturada o natural, la piedra partida y la escoria (Asphalt Institute, 1986, p. 56).

Según el MTC (2015), existen dos tipos de áridos pétreos: el **agregado fino**, que se compone de arena triturada o de una mezcla de esta con arena natural y su tamaño está comprendido entre los tamices de 4,75 mm y 75 μm (Nº 4 y Nº 200), y el **agregado grueso**, que se obtiene triturando roca, grava o una combinación de ambas, este no debe pasar el tamiz de 4,75 mm (Nº 4). Además, se menciona el **polvo mineral o relleno**, que suele proceder de la trituración de áridos o ser usado directamente de artículos comerciales como la cal hidratada o el cemento portland, que debe pasar el tamiz de 75 μm (Nº 200).

El Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del MTC indica que se deben realizar ensayos a los agregados pétreos antes de ser usados en la mezcla asfáltica con el motivo de garantizar una buena calidad del producto final, estos ensayos y sus procedimientos se explican de manera detallada en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2017).

Tabla 1

Requisitos de los agregados pétreos para pavimento asfáltico en frío

	Ensayo	Bajo tránsito		Requerimiento		Alto tránsito	
		Agregado grueso	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado fino	Agregado grueso	Agregado fino
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	25% max. (rodadura)		25% max. (rodadura)		25% max. (rodadura)	
		35% max. (intermedia)		35% max. (intermedio y base)		35% max. (intermedio y base)	
Durabilidad	MTC E 209	12% max.	12% max.	12% max.	12% max.	12% max.	12% max.
		18% max.	18% max.	18% max.	18% max.	18% max.	18% max.
Partículas fracturadas mecánicamente % mínimo 1 cara/2 caras	MTC E 210	75/- (rodadura)		75/60 (rodadura)		85/70 (rodadura)	
		60/- (intermedia)		75/- (intermedia)		75/- (intermedia)	
Angularidad	MTC E 222		60/- (base)	60/- (base)		60/- (base)	
					45% min. (rodadura)		45% min. (rodadura)
Partículas planas y alargadas	MTC E 223		40% min. (rodadura)		40% min. (intermedia)		40% min. (intermedia)
			35% min. (intermedia)		35% min. (base)		35% min. (base)
Equivalente de arena	MTC E 114	10% max.		10% max.		10% max.	
			50% min.		50% min.		50% min.

Nota. Adaptado de *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción* (p. 294), por MTC, 2015.

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

La granulometría de los agregados se realiza pasando agregado seco, previamente pesado, por un conjunto de tamices que van desde un tamaño de abertura grande hasta uno de

tamaño más fino, esto se hace con el fin de determinar la forma en cómo se distribuyen el tamaño de sus partículas. Se puede encontrar el procedimiento completo en la sección MTC E 204.

- Gravedad específica y absorción de agregados

Este ensayo se explica en la sección MTC E 205 y E 206. Su finalidad es hallar las gravedades específicas: seca, saturada con superficie seca y aparente de los agregados gruesos y finos; además, de calcular el porcentaje de absorción, estos valores se obtienen mediante un procedimiento de saturación de las muestras durante 24 horas (MTC, 2017, p. 287).

- Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”)

El ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles es un indicador del deterioro de los áridos minerales, según la sección MTC E 207. Los agregados se someten a un deterioro progresivo, impacto y aplastamiento en un tambor giratorio de acero el cual lleva dentro una cierta cantidad de bolas de acero, estas esferas se encargan de degradar los agregados durante un número preestablecido de rotaciones. Posteriormente, el material se saca del tambor y se tamiza para determinar el % de pérdida por deterioro (MTC, 2017, p. 290).

- Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio

En la Sección MTC E 209 se describe este método para disgregar agregados gruesos y finos exponiéndolos a soluciones saturadas de sulfato de magnesio o de sodio. Durante un período de 16 a 18 horas la muestra de agregado se sumerge en las soluciones y luego se seca en el horno, este proceso se vuelve a hacer el número de veces requeridos. Con esto se obtiene información de los cambios que tendrán los agregados al estar expuestos a la intemperie (MTC, 2017, p. 302).

- Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso

Según la Sección MTC E 210, el ensayo para calcular el porcentaje de caras fracturadas en el agregado grueso, es un método que se utiliza para definir la cantidad de partículas que presentan superficies fracturadas en el material de un agregado. Este ensayo es importante en mezclas asfálticas ya que las partículas fracturadas proporcionan una mejor adherencia con el asfalto (MTC, 2017, p. 309).

- Angularidad

La angularidad es un ensayo del agregado fino y de acuerdo con lo escrito en la sección MTC E 222 es un procedimiento utilizado para medir el porcentaje de vacíos presentes en una muestra de agregado fino. Este ensayo se enfoca en determinar la forma y textura superficial de las partículas del agregado, evaluando su angularidad y rugosidad. Las partículas más angulares y rugosas tienden a crear mayores vacíos en comparación con las partículas redondeadas y lisas. El resultado del ensayo es un indicador indirecto de la forma del agregado, lo cual es crucial para la compactación y adherencia en mezclas de asfalto (MTC, 2017, p. 354).

- Partículas planas y alargadas

Este ensayo se describe en la sección MTC E 223. Es un procedimiento utilizado para determinar el porcentaje de partículas que tienen una relación desproporcionada entre sus dimensiones, es decir, partículas que son excesivamente planas o alargadas. Este tipo de partículas pueden afectar negativamente a la mezcla, ya que tienden a romperse más fácilmente bajo carga y pueden dificultar la compactación (MTC, 2017, p. 356).

- Equivalente de arena

El ensayo tiene por objeto calcular qué proporción de una muestra puede considerarse arena separándola de las partículas finas o polvos mediante una solución química. La sección MTC E 114 establece que el propósito de la prueba es determinar la cantidad relativa de

materiales finos, como arcillas o limos, presentes en una muestra de agregado fino. Estos materiales finos pueden afectar negativamente las propiedades de las mezclas asfálticas, disminuyendo la durabilidad y la resistencia. El ensayo permite evaluar la pureza del agregado, ya que un alto contenido de partículas finas plásticas, como las arcillas, pueden comprometer la calidad del material (MTC, 2017, p. 89).

Para elaborar mezclas asfálticas en frío se puede usar como materiales bituminosos a los asfaltos diluidos o las emulsiones asfálticas, para esta investigación se usó emulsión asfáltica como ligante de la mezcla.

b. Emulsión Asfáltica. Los tres componentes principales de esta sustancia bituminosa son el agente emulsionante, el agua y el asfalto. El agua y el asfalto son difíciles de mezclar por si solos, por esa razón se agrega un tercer componente que es el agente emulsivo el cual se encarga uniformizar la distribución del asfalto en el agua, es debido a esto que la emulsión tiene una consistencia líquida aun a temperatura ambiente y puede ser usada en mezclas asfálticas en frío (Asphalt Institute, 2008, p. 5).

Las emulsiones pueden clasificarse como **catiónicas, aniónicas o no iónicas** en función de las cargas eléctricas alrededor de las partículas de asfalto. Estos grupos tienen cargas positivas, negativas y nulas, respectivamente. La rapidez con la que las partículas de asfalto se unen para restaurar el volumen de cemento asfáltico es otra de las clasificaciones de la emulsión, estas se denominan: de rotura rápida (RS), de rotura media (MS), de rotura lenta (SS) y de rotura rápida QS (QS). El término “rotura” describe el proceso de separación del agua del asfalto (Asphalt Institute, 2008, p. 6).

2.2.1.2. Tipos de Mezcla Asfáltica en Frío. Según la composición granulométrica las mezclas en frío pueden ser:

a. Mezcla Asfáltica Densa en Frío (M.D.F.). Con un porcentaje de huecos inferior al 10 %, las mezclas en frío densas son materiales constantes y homogéneos compuestos por

pétreos con tamaños nominales que oscilan entre los tamices ASTM de $1 \frac{1}{2}$ ” (37,5 mm) y $3/8$ ” (9,5 mm). Debido a su alta composición de áridos finos, deben recubrirse con emulsiones asfálticas de fraguado lento. Se emplean con frecuencia como capas de refuerzo o como capas de rodadura en nuevas construcciones cuando no se requiere una gran resistencia estructural. Otro uso común es la reparación de baches (López, 2012).

b. Mezcla Asfáltica Abierta en Frio (M.A.F.). Las mezclas asfálticas de tipo abierto están compuestas principalmente por agregados gruesos, lo que genera un elevado contenido de vacíos de aire (18-25%). Esta característica facilita el drenaje del agua de lluvia, permitiendo su paso vertical a través de la capa superficial del pavimento hasta alcanzar la base, desde donde se desplaza lateralmente hacia los bordes. En comparación con las mezclas densas, estas mezclas son más livianas y permiten cubrir una mayor área de pavimentación. Su uso mejora notablemente la evacuación del agua durante lluvias, lo que contribuye a reducir salpicaduras y rociado, minimizar el riesgo de deslizamiento por superficies mojadas y aumentar la visibilidad tanto del pavimento como de la señalización vial bajo condiciones lluviosas (Namaa et al., 2021).

De los dos tipos mencionados la mezcla densa es la que se usó en esta investigación debido a sus características y su uso en carpetas asfálticas y reparación de baches.

2.2.1.3. Propiedades Mecánicas de la Mezcla Asfáltica. Las dos propiedades mecánicas a evaluar en esta investigación son la estabilidad y flujo. Estos son términos usados en la metodología Marshall para el diseño de mezclas asfálticas.

a. Estabilidad. Según la norma ASTM (2022) la mayor carga de resistencia alcanzada durante una secuencia de carga con una velocidad de deformación constante se conoce como estabilidad. También puede describirse como la carga alcanzada en el punto en el que la velocidad de aumento de la carga empieza a disminuir. El tipo, el grado y la cantidad de asfalto, así como la cantidad y el tipo de árido, afectan a la estabilidad de una mezcla (p. 2).

b. Flujo. Según la norma ASTM (2022), durante la prueba de estabilidad, se mide la cantidad en que se deforma la mezcla asfáltica, a esta deformación se le denomina flujo. Aunque existen límites aceptables para el flujo, no existe un valor de flujo que se pueda considerar ideal. La mezcla es considerada demasiado plástica o inestable si el flujo con el contenido óptimo de asfalto elegido está por encima del límite superior, y demasiado frágil si está por debajo del límite inferior (p. 2).

2.2.1.4. Diseño de Mezcla Asfáltica en Frio. No existe un método de diseño de mezcla en frio con emulsión mundialmente aceptado; dos procedimientos de diseño de mezclas asfálticas emulsionadas más comunes son (1) el Método de Illinois que está basado en una modificación del Método Marshall usado en mezclas en caliente y una prueba de durabilidad en humedad y (2) el método del Asphalt Institute basado en un procedimiento Hveem modificado más una prueba de módulo resiliente. Para esta investigación se usará el método de Illinois ya que está basado en el método Marshall y este último es el más común para diseñar mezclas de asfalto en nuestro país, el procedimiento se describe en el manual MS-14 del Instituto del Asfalto de la siguiente manera:

a. Elección de la Gradación de la Mezcla

Luego de terminar con los ensayos de calidad de los agregados, en base a la granulometría del agregado combinado (grueso y fino), elegimos la gradación que tendrá la mezcla de acuerdo a la Tabla 2 proporcionada por el MTC para mezclas densas en frío.

Tabla 2

Gradaciones para mezclas densas en frío

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Normal	Alterno	MDF - 1	MDF - 2	MDF - 3
7.5 mm	1 1/2"	100	-	-
25.0 mm	1"	80 - 95	100	-
19.0 mm	3/4"	-	80 - 95	100
12.5 mm	1/2"	62 - 77	-	-
9.5 mm	3/8"	-	60 - 75	-
4.75 mm	Nº 4	45 - 60	47 - 62	50 - 65
2.36 mm	Nº 8	35 - 50	35 - 50	35 - 50
300 µm	Nº 50	13 - 23	13 - 23	13 - 23
75 µm	Nº 200	3 - 8	3 - 8	3 - 8

Nota. Tomado de *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción* (p. 296), por MTC, 2015.

La franja por utilizar dependerá del tipo y del espesor que vaya a tener la capa compactada de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3

Tipos de mezcla en función del tipo y espesor compacto de la capa

Tipo de capa	Espesor compacto (mm)	Tipo de mezcla
Rodadura	50 - 75	MDF - 2
	40 - 50	MDF - 3
Intermedia	≥ 50	MDF - 2
Base	≥ 75	MDF - 1
	50 - 75	MDF - 2
	≥ 75	MDF - 1

Nota. Tomado de *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción* (p. 296), por MTC, 2015.

Una vez elegida la gradación se debe establecer la proporción de agregados teniendo en cuenta que la gráfica de la granulometría del agregado combinado debe ser uniforme y estar dentro de los parámetros establecidos por la gradación, no debe haber saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa, la curva granulométrica debe verse lo más paralela posible a las curvas de la gradación (MTC, 2015).

b. Determinación del Porcentaje Óptimo Teórico de Emulsión. Se debe establecer un valor provisional de porcentaje de emulsión que nos servirá para realizar la mezcla y completar las siguientes fases del diseño antes de hallar el porcentaje óptimo real de emulsión, este valor se calcula a partir de la granulometría del agregado combinado usando la siguiente fórmula dada por el manual MS-14:

$$E = (0.05A + 0.1B + 0.5C) \times 0.7$$

Donde las variables A, B y C se obtienen del análisis granulométrico, A es el porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 8, B es el porcentaje que pasa el tamiz N° 8 y se retiene en el tamiz N° 200 y C es el porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (Asphalt Institute, 1997, p. 107).

c. Prueba de Recubrimiento o Cobertura. Al diseñar combinaciones de asfalto mezclado en frío que utilizan emulsión asfáltica, la prueba de recubrimiento es un paso esencial. Su objetivo principal es evaluar la capacidad de la emulsión para recubrir y adherirse completamente a los áridos, lo cual es necesario para garantizar la cohesión y la longevidad de la mezcla. La prueba se hace de la siguiente manera, primero se selecciona una cantidad específica de agregados pétreos, los cuales deben estar limpios y secos; también, se prepara la emulsión asfáltica cuya cantidad se calculó con la fórmula del paso anterior. Luego, se mezcla la emulsión asfáltica con los agregados, asegurando una distribución uniforme de la emulsión sobre los agregados. Se preparan, generalmente, cuatro muestras de este tipo a las cuales se les va agregando diferentes cantidades de agua. Se evalúa visualmente la extensión del

recubrimiento de la emulsión sobre los agregados buscando que los agregados estén completamente cubiertos, sin áreas expuestas que puedan afectar la cohesión de la mezcla. Finalmente, debemos observar si la emulsión cubre completamente los agregados, de ser así, se considera que la mezcla tiene un buen potencial de cohesión y durabilidad; pero, si el recubrimiento es incompleto o irregular, puede indicar problemas con la cantidad de agua, la compatibilidad entre los materiales o la granulometría de los agregados (Asphalt Institute, 1997, p. 107).

El MTC indica que el recubrimiento mínimo debe ser del 75% pero en la práctica es recomendable tratar que el recubrimiento este entre un 90 y 95%.

A medida que aumenta gradualmente la cantidad de agua suministrada (agua de premezcla), las mezclas de emulsión asfáltica de rotura lenta suelen mostrar un mayor recubrimiento. Llega un momento en que hay suficiente agua disponible para obtener la mejor dispersión posible del asfalto y un aumento adicional de agua no mejora la calidad del recubrimiento. Este es el valor que se debe elegir como porcentaje de agua de premezcla, cualquier mezcla posterior en el proceso de diseño debe realizarse utilizando este valor (Asphalt Institute, 1997, p. 109).

d. Contenido Óptimo de Humedad de Compactación. Se selecciona una muestra de agregado combinado que debe pesar 1100 g en estado seco el cual es un peso óptimo para llenar el molde de una briqueta, se mezcla los pétreos y el agua de premezcla de forma manual o mecánica hasta que la humedad esté completamente dispersada por todo el agregado, luego se vierte el asfalto emulsionado y se mezcla todo hasta quedar uniforme. La humedad total de la mezcla es la suma de la humedad del agua, de la emulsión y la que aportan los agregados, pero no es lo mismo a la humedad de compactación, esta última es la humedad al momento en el que se compacta en el molde y debe ser diferente en cada grupo de muestras para encontrar cual nos dará la estabilidad máxima. Para lograr esto se debe airear la mezcla antes de

compactarla y eliminar el agua hasta llegar a la humedad de compactación prevista, generalmente cinco diferentes porcentajes de humedad con una diferencia de 1% son suficientes para elaborar una gráfica, se puede hacer más porcentajes para mejorar la precisión (Asphalt Institute, 1997, pp. 111-113). Las fórmulas para calcular las cantidades de los componentes de la mezcla se muestran a continuación:

- Peso del agua a agregar:

$$W_{\text{agua añadida}} = \frac{W_{\text{seco}} \times P_a}{100}$$

Donde:

Wagua añadida : Peso del agua a agregar en gramos.

Wseco : Peso del agregado seco en gramos.

Pa : Porcentaje de agua de premezcla.

- Peso de la emulsión a agregar:

$$W_{\text{emulsión}} = \frac{W_{\text{seco}} \times E}{100}$$

Donde:

Wemulsión : Peso de la emulsión a agregar en gramos.

Wseco : Peso del agregado seco en gramos.

E : Porcentaje óptimo teórico de emulsión.

- Peso de la humedad a perder antes de compactar:

$$W_{\text{agua a perder}} = \frac{W_{\text{mezcla seca}} \times (P_t - P_c)}{100}$$

$$W_{\text{mezcla seca}} = W_{\text{seco}} + \frac{E \times C}{100}$$

Donde:

Wagua a perder: Peso de la emulsión a agregar en gramos.

Pt : Porcentaje de humedad total de mezclado.

Pc : Porcentaje de humedad al momento de compactar.

Wseco : Peso del agregado seco en gramos.

E : Porcentaje óptimo teórico de emulsión.

C : Porcentaje de residuo asfáltico de la emulsión.

La cantidad de emulsión y agregados siempre se mantiene constante. Para cada valor de humedad de compactación se deben realizar tres muestras (briquetas), cada muestra se elabora y compacta siguiendo el procedimiento de la norma ASTM – D6926 con un equipo Marshall. Después de terminar cada muestra, se deja curar dentro del molde por 24 horas, se extrae del molde y se deja curar por otras 72 horas más, el proceso de curado permite que el agua de la emulsión se evapore y deje el asfalto residual en la mezcla. Al finalizar el curado se ensaya la estabilidad en la prensa Marshall.

Se realiza el gráfico de Estabilidad vs Humedad de compactación. El contenido óptimo de humedad de compactación corresponde al punto donde se alcanza la máxima estabilidad, esto significa que el porcentaje de agua en ese punto es el ideal para lograr la mejor compactación de la mezcla asfáltica (Asphalt Institute, 1997, p. 113).

e. Variación del Contenido de Asfalto Residual. En esta parte del diseño lo que se busca es determinar la cantidad adecuada de emulsión asfáltica que proporcionará suficiente asfalto residual (el asfalto que queda después de que el agua de la emulsión se evapora) para asegurar una mezcla cohesionada y duradera. Este contenido debe ser ajustado para lograr un equilibrio entre la adherencia de los agregados y la flexibilidad de la mezcla. Primero, se elaboran diferentes mezclas con variaciones del valor teórico de asfalto residual, generalmente se varían en 1% hasta tener cinco combinaciones, se deben realizar seis briquetas para cada contenido de asfalto residual, tres de ellas se ensayarán en seco y las otras tres se someterán a un ensayo de inmersión y saturación al vacío antes de ensayarse su estabilidad, por lo que, en total se deben elaborar 30 briquetas. La cantidad de agregado y la humedad total de la mezcla

se debe mantener constante, lo único que cambia es la cantidad de emulsión agregada, por ende, se debe ir reduciendo el agua agregada a medida que la emulsión aumenta para mantener la misma humedad, si es necesario se debe airear la mezcla para eliminar el agua y llegar a la humedad óptima de compactación. La compactación y curado de las briquetas siguen el mismo procedimiento mencionado anteriormente

Ya curadas las briquetas se calcula la gravedad específica bulk de las mismas, el método utilizado para esto se explica en la norma ASTM D2726, luego, por cada contenido de asfalto residual, elegimos tres muestras para ensayar su estabilidad y flujo siguiendo los pasos detallados en la ASTM D6927, las tres muestras que quedan se preparan para el ensayo de inmersión y saturación al vacío que consiste en colocar cada muestra por separado en una máquina de succión de vacíos cubierta de agua hasta el tope, se aplica una presión de 100 mm de Hg durante una hora, luego se libera lentamente el vacío y se deja la muestra en el agua por otra hora; finalizado esto, se retira la muestra y se ensaya su estabilidad y flujo (Asphalt Institute, 1997, pp. 116-119). El MS-14 nos proporciona las siguientes fórmulas para obtener los valores de pérdida de estabilidad, densidad bulk seca, humedad absorbida y vacíos totales, los cuales serán necesarios para elaborar las gráficas de diseño.

- Pérdida de estabilidad

$$\% \text{ Pérdida de Estabilidad} = \frac{\frac{S_1 + S_2 + S_3}{3} - \frac{S_4 + S_5 + S_6}{3}}{\frac{S_1 + S_2 + S_3}{3}} \times 100$$

Donde:

$S_{1,2,3,4,5,6}$ = Estabilidad corregida (kg).

- Densidad Bulk

$$G = \frac{D}{F - E}$$

Donde:

G = Densidad Bulk (Gravedad Específica Bulk).

D = Peso de la muestra en el aire (g).

E = Peso de la muestra en agua (g).

F = Peso de la muestra en condición de saturada superficialmente seca (SSS) (g).

- **Densidad Bulk Seca**

$$G_d = G \times \frac{100 + A}{100 + A + K}$$

Donde:

Gd = Densidad Bulk Seca (Gravedad Específica Bulk Seca).

G = Densidad Bulk (Gravedad Específica Bulk).

A = Asfalto residual como porcentaje del peso de agregado seco.

K = Contenido de humedad (%).

- **Contenido de humedad**

$$K = \frac{(H - I) - (F - D)}{I} \times (100 + A)$$

Donde:

K = Contenido de humedad (%).

H = Peso de la muestra fallada (g).

I = Peso de la muestra seca (g).

F = Peso de la muestra en condición de saturada superficialmente seca (SSS) (g).

D = Peso de la muestra en el aire (g).

A = Asfalto residual como porcentaje del peso de agregado seco.

- **Humedad absorbida**

$$\text{Humedad Absorbida} = \frac{K_4 + K_5 + K_6}{3} - \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$$

Donde:

K_{1,2,3,4,5,6} = Contenido de humedad (%).

- **Vacíos totales**

$$V = \left[\left(\frac{100 + A + K}{G} - \frac{100}{C} - \frac{A}{B} \right) / (100 + A + K) \right] \times 100$$

Donde:

V = Vacíos totales (%).

K = Contenido de humedad (%).

G = Densidad Bulk (Gravedad Específica Bulk).

A = Asfalto residual como porcentaje del peso de agregado seco.

B = Gravedad específica del asfalto.

C = Gravedad específica aparente del agregado combinado.

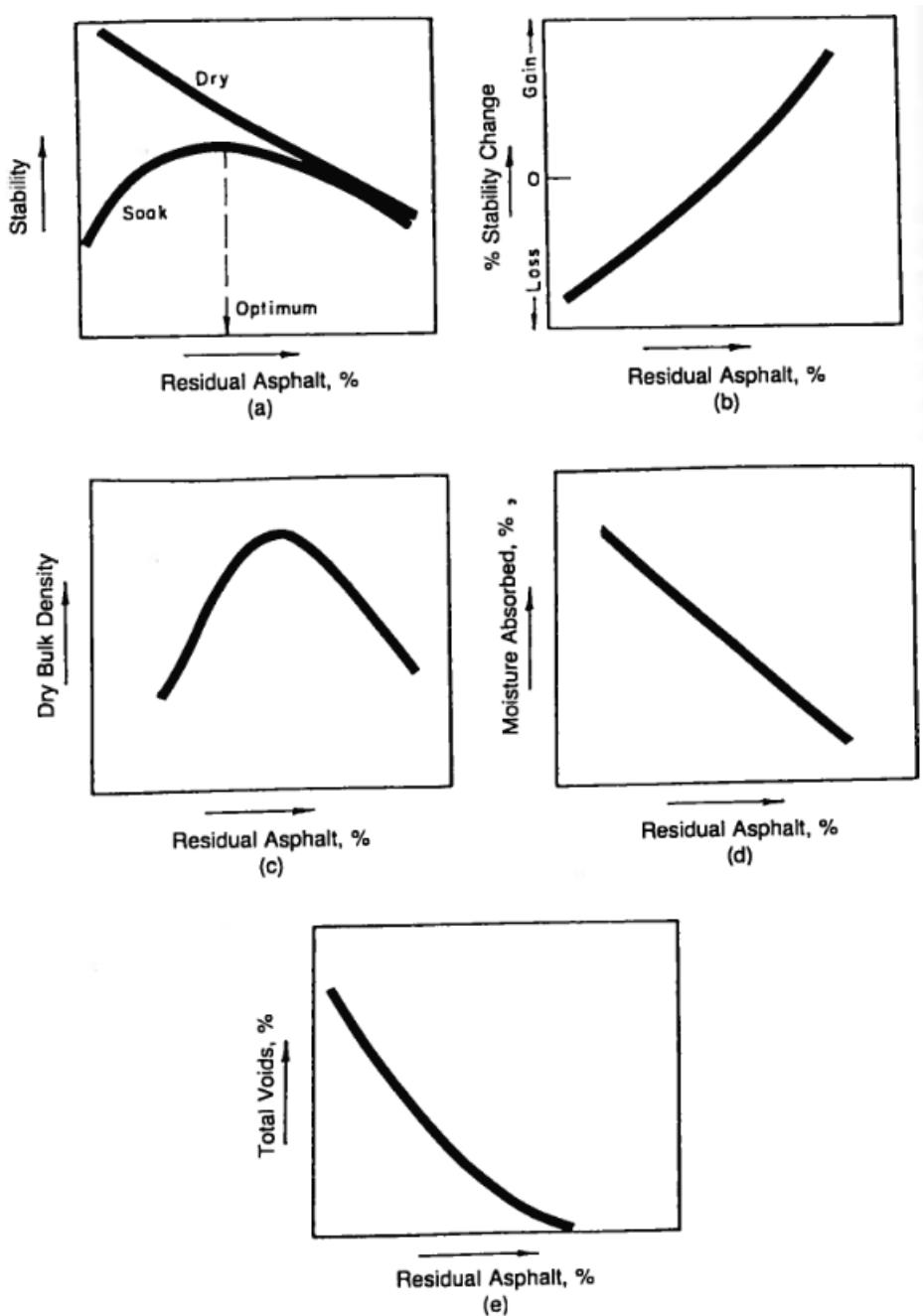
Obtenidos todos los resultados se deben elaborar los siguientes gráficos:

- Estabilidad seca y húmeda vs % Asfalto residual.
- % Pérdida de estabilidad vs % Asfalto residual.
- Densidad bulk seca vs % Asfalto residual.
- % Humedad absorbida vs % Asfalto residual.
- % Vacíos totales vs % Asfalto residual.
- Flujo vs % Asfalto residual.

El gráfico de flujo versus asfalto residual no es un requerimiento del manual MS-14 pero se elaboró para fines de esta investigación. Las curvas típicas se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Curvas típicas del diseño de mezcla en frío con emulsión



Nota. Tomado de *Asphalt Cold Mix Manual (MS-14)* (p. 122), por Asphalt Institute, 1997.

f. Determinación del contenido óptimo de asfalto residual. Para determinarlo se debe partir del criterio de que el óptimo asfalto residual es aquel que dé la máxima estabilidad húmeda, esto con el fin de proporcionar una resistencia adecuada a la carga del tráfico durante las estaciones lluviosas. El porcentaje de pérdida de estabilidad no debe ser excesivo, si lo es,

es un indicativo de que la mezcla se verá muy afectada ante la presencia de humedad y podría llegar a desintegrarse en los meses de lluvia. El total de vacíos de la mezcla debe estar dentro de un rango aceptable ya que demasiados huecos podrían ocasionar una deformación permanente excesiva y una mayor absorción de humedad, así como la exudación del asfalto residual si tiene un contenido de vacíos bajo. La cantidad de absorción de humedad de la mezcla no debe ser demasiada ya que esto podría incrementar la posibilidad de desprendimiento de los agregados o debilitar la unión de los mismos con el asfalto residual (Asphalt Institute, 1997, p. 120). Teniendo en cuenta estos criterios y los parámetros que nos da el MTC en la Tabla 4 elegimos el óptimo de asfalto residual.

Tabla 4

Parámetros para diseño de mezcla densa en frío con emulsión asfáltica

Características de diseño	Parámetros	
	Min.	Máx.
Estabilidad, lb (kg) a 22.2°C	500 (227)	-
% Pérdida de estabilidad	-	50
% Humedad absorbida	-	4
% Vacíos totales	2	8
% Recubrimiento	75	-

Nota. Adaptado de *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción* (p. 299), por MTC, 2015.

2.2.2. Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio, según Irving (2010), es un material compuesto de diminutos filamentos de vidrio. Este material se fabrica forzando vidrio fundido a través de una secuencia de pequeños agujeros, que, cuando se solidifica, produce un elemento lo suficientemente flexible como para ser utilizado como fibra (p. 31).

Del Río (1999) nos dice que las fibras están compuestas principalmente de sílice, que se combina con varios óxidos, como la alúmina y los óxidos de elementos alcalinos y alcalinotérreos. Se producen mediante la fusión de estos materiales, los cuales pasan por una hilera y luego son sometidos a un proceso de estirado. (p. 113).

2.2.2.1. Tipos de Fibra de Vidrio. Según Del Río (1999) son:

Tipo E. Es el más utilizado, económico y duradero. Mínima absorción de humedad.

Tipo A. En comparación con la fibra de tipo E, es menos resistente, tiene un módulo inferior y un mayor contenido en álcalis.

Tipo C. Se emplea en las capas externas de estructuras anticorrosivas y su resistencia se sitúa entre las de las fibras E y A.

Tipo R. Su resistencia a la tracción y su módulo elástico son significativamente superiores a los de otras variedades de fibra de vidrio, por lo que resulta ideal para su uso en construcciones con elevadas cualidades mecánicas, especialmente en la industria aeronáutica.

Tipo D. Se utiliza mucho en la fabricación de materiales de comunicaciones electrónicas por sus elevadas características dieléctricas. Los radares y las ventanas electromagnéticas se fabrican con fibra de vidrio D.

Tipo AR. Al ser resistente a los álcalis del cemento, se utiliza para reforzar los morteros de cemento (GRC).

2.2.2.2. Características de la Fibra de Vidrio. Del Río (1999) considera:

Resistencia Mecánica. Tiene una resistencia a la tracción comparada a la del acero.

Propiedades Eléctricas. Incluso a espesores inferiores, funciona muy bien como aislante eléctrico.

No se quema. Dado que la fibra de vidrio es un mineral, es intrínsecamente incombustible. No propaga llamas ni libera toxinas o humo cuando se calienta.

Estabilidad Dimensional. Tiene un bajo coeficiente de dilatación y no es muy sensible a los cambios de humedad y temperatura.

No se descompone. No se deteriora ni sufre cambios con el tiempo.

Baja Conducción Térmica. Al ser un sólido no metálico su conductividad del calor es reducida.

Resistencia a los Agentes Químicos. Esto la hace muy útil para ser combinada con otros materiales y sustancias para crear compuestos.

2.2.2.3. Usos de la fibra de vidrio. Según Irving (2010) la fibra se puede usar en:

Ingeniería civil y construcción

- Como refuerzos de concreto y asfalto para aumentar las propiedades de resistencia a la tracción, a la flexión y a las grietas en ambos materiales.
- Debido a su resistencia al agua y a la corrosión, se emplean en laminados o revestimientos de paneles, techos y fachadas.
- Se fabrican tuberías y tanques de plástico reforzado con fibra de vidrio que son perfectos para líquidos corrosivos.
- Se puede llegar a usar fibra de vidrio en componentes estructurales como puentes, barandillas y estructuras ligeras gracias a su bajo peso y gran durabilidad.

Industria automotriz y transporte

- Gracias a su resistencia y ligereza se puede usar fibra en las carrocerías y piezas de automóviles, motocicletas, autobuses y barcos; este material puede llegar a reducir el peso y aumentar la eficiencia.
- También es útil para fabricar los paneles, asientos y cubiertas que se encuentran en trenes, aviones y barcos.

Industria y manufactura

- Se utiliza en la producción de piezas de plástico o compuestos.

- Como aislamiento térmico y acústico en maquinarias, edificios y hornos; con fibras tejidas o similares a la lana.
- En filtros industriales debido a su resistencia química y térmica.

Electricidad y electrónica

- Como aislante eléctrico debido a que no es un material conductor.
- Las placas de circuito impreso están compuestas de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio.
- También se usa en aspas de aerogeneradores gracias a su alta relación resistencia-peso y durabilidad frente al clima.

Uso doméstico y artesanal

- Tablas de surf, cascos, muebles y piscinas prefabricadas.
- Se utiliza en kits de reparación doméstica; por ejemplo, para arreglar techos, botes o automóviles.

2.2.2.4. Tipos de presentaciones comerciales de fibra de vidrio

La fibra de vidrio comercialmente se puede adquirir en distintas presentaciones de acuerdo a la aplicación que se les pretenda dar, según Huamán (2015) pueden ser:

Roving. El hilo continuo o filamento fabricado con fibras de vidrio se presenta en forma de hebras largas y continuas dispuestas en haces denominados “rovings”. Esta presentación permite obtener un refuerzo de alta resistencia a la tracción, que se utiliza con frecuencia en la fabricación de automóviles, barcos, laminados estructurales y materiales compuestos. Suelen pesar entre 20 y 25 kg y se venden en enormes bobinas o rollos.

Chopped strands. Las fibras de vidrio cortadas son filamentos que se han cortado a longitudes precisas, que suelen oscilar entre 3 y 25 milímetros. Debido a que se dispersa rápidamente dentro del material, aumentando su resistencia y estabilidad, este tipo de fibra es

una de las más utilizadas en combinaciones de concreto y asfalto. Se comercializa en bolsas o sacos sellados de entre 10 y 25 kilogramos.

Mat. Son fibras que están dispersas al azar y unidas por una resina o aglutinante formando una especie de manta o estera de fibra de vidrio. Este formato proporciona un refuerzo isotrópico, es decir, una resistencia uniforme en todas las direcciones. Se emplean principalmente en la producción de piezas moldeadas, paneles, láminas y tanques. Se comercializan en rollos o láminas de diferentes anchuras, que suelen oscilar entre 1 y 2 metros.

Woven roving. Al igual que una tela, los tejidos de fibra de vidrio de este tipo están hechos de fibras entrelazadas de forma organizada. Este formato se utiliza en la construcción, el refuerzo estructural y la producción de revestimientos o componentes industriales debido a su gran resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Se presenta en rollos de aproximadamente un metro de ancho y su peso varía en función de la densidad del tejido.

Mallas de fibra de vidrio. Están fabricadas con filamentos entrelazados y tienen aberturas regulares. Se utilizan principalmente en la construcción para evitar la formación de fisuras y para reforzar revoques, morteros e impermeabilizaciones. Este tipo de fibra se presenta en rollos de varias longitudes, normalmente de 1 metro de ancho por 50 metros de largo.

Milled fibers. Las microfibras son partículas o filamentos increíblemente cortos que se producen mediante molienda, también son conocidas como polvo de fibra de vidrio. Se usa cuando se necesita un acabado fino y uniforme; sirven como refuerzo para resinas, adhesivos o compuestos. Dependiendo del tamaño de las partículas y del uso previsto, suelen comercializarse en bolsas o sacos con un peso de entre 10 y 25 kg.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3. Metodología

3.1. Enfoque de Investigación

Esta es una investigación **CUANTITATIVA**, Hernández et al. (2014) define a este enfoque como un proceso de recopilación de información para probar hipótesis haciendo uso de mediciones numéricas y herramientas estadísticas, este tipo de enfoque tiene la característica de ser secuencial y probatorio, es objetivo y la recolección de datos se basa en la medición; tomando en cuenta esto, se puede considerar a esta investigación como cuantitativa ya que se estableció relaciones numéricas entre la cantidad de fibra de vidrio empleada con los valores de estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en frío, todo esto manteniendo un proceso secuencial que partió desde plantear el problema hasta analizar los datos y extraer conclusiones.

3.2. Método

3.2.1. *Tipo de Investigación*

Es una investigación **APLICADA**, porque se propuso evaluar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío agregándole fibra de vidrio, con el fin de determinar su viabilidad técnica para mejorar el desempeño de pavimentos flexibles frente a las cargas impuestas por los vehículos. Esta investigación utilizó principios y teorías ya existentes sobre mezclas asfálticas en frío y refuerzos con fibras, pero buscó adaptarlos y aplicarlos en un contexto real, aportando resultados que puedan ser usados en proyectos de infraestructura vial.

3.2.2. *Alcance de Investigación*

Tiene un alcance **CORRELACIONAL**, según Hernández et al. (2014) los estudios correlacionales buscan medir el grado en que las variables cambian juntas, es decir, cómo una variable está relacionada con otra. Teniendo en cuenta dicha definición, esta investigación trató de indagar en los cambios que puedan llegar a producirse en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en frío (variable dependiente) al incorporarle fibra de vidrio (variable independiente).

3.3. Diseño de la Investigación

Según Hernández et al. (2014) una investigación experimental se caracteriza por modificar intencionadamente la variable o variables independientes para analizar sus efectos sobre las dependientes, este tipo de diseño se puede subdividir en tres tipos: preexperimental, experimental “puro” y cuasiexperimental.

Los cuasiexperimentos se diferencian por tener una validez interna reducida, esto debido a que los grupos no se establecen de manera aleatoria, sino que ya están conformados antes del experimento, la razón y la manera como se integraron es independiente de la parte experimental (Campbell y Stanley, 1966). Teniendo en cuenta este concepto, este estudio se clasifica como un diseño **CUASIEXPERIMENTAL** por las siguientes razones, se usó fibra de vidrio (variable independiente) en diferentes cantidades comenzando con 0.1% y reemplazándola por una parte del agregado fino, al ver como afectaba a los resultados de estabilidad y flujo (variable dependiente) se pretendió aumentar o disminuir la fibra hasta encontrar un valor óptimo que mejore las propiedades mencionadas. Como la sustitución de fibra por arena generó variaciones en la dosificación de las briquetas imposibilitó seleccionar grupos de manera aleatoria ya que cada grupo de briquetas debía tener su propia dosificación (con una cantidad diferente de fibra de vidrio); además, los niveles de manipulación de la variable independiente no fueron definidos en su totalidad desde el inicio, sino que se ajustaron progresivamente en función de los resultados obtenidos en las primeras briquetas; por lo tanto, no se tuvo una equivalencia inicial en los grupos, lo que redujo su validez interna. Estas condiciones impiden considerar el diseño como experimental “puro”, aunque se hayan mantenido condiciones controladas de laboratorio y utilizado un grupo de control.

Figura 2

Diagrama de diseño de investigación

G_1	X_1	0_1
G_2	X_2	0_2
G_3	X_3	0_3
\vdots	\vdots	\vdots
G_k	X_k	0_k
G_c	—	0_c

Donde:

G_k = Grupo experimental.

G_c = Grupo de control.

X = Tratamiento experimental (manipulación de la variable independiente).

— = Ausencia de tratamiento experimental.

0_k = Medición de las muestras de un grupo posterior al tratamiento (posprueba).

3.4. Población

En una investigación la población es un conglomerado de elementos los cuales comparten características similares (Gallardo y Moreno, 1999). En este estudio la población estuvo compuesta por la mezcla asfáltica densa en frío elaborada con emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1H), agregados pétreos provenientes de la cantera Pucarragá en la provincia de Sihuas y fibra de vidrio tipo E (fibra comercial) en tamaños de 2.5 a 5 cm.

3.5. Muestra

Una muestra es un subconjunto de la población y las técnicas de muestreo son los procedimientos para seleccionar a los elementos que van a ser parte de la muestra, estas técnicas pueden ser probabilísticas y no probabilísticas (Gallardo y Moreno, 1999). La muestra estuvo conformada por 52 briquetas de mezcla en frío convencional y 18 briquetas modificadas con

fibra de vidrio. La técnica de muestreo fue no probabilística, se fabricaron briquetas en laboratorio con los materiales y características mencionadas en la población, cada una con su propia dosificación.

Tabla 5

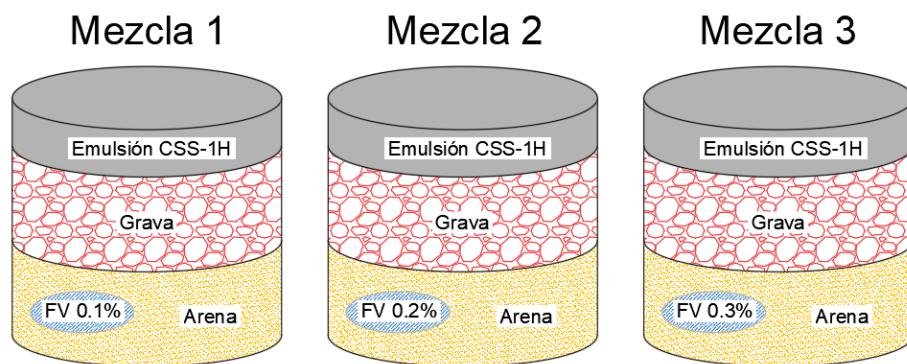
Muestras para el grupo de control

Etapa del diseño	Descripción	Cantidad
Recubrimiento	Mezcla en frío sin compactar	4
Óptima humedad de compactación	Briquetas con 3 a 8% de humedad de compactación, 3 briquetas por porcentaje	18
Asfalto residual óptimo	3 briquetas por contenido de asfalto residual (2.7 a 6.7%) para ensayar en seco 3 briquetas por contenido de asfalto residual (2.7 a 6.7%) para ensayar luego de inmersión y saturación al vacío	15
Total		52

Como se mencionó en el diseño de investigación se planteó hacer las briquetas modificadas con fibra de vidrio comenzando con 0.1% de fibra y sustituyéndola por una parte del agregado fino, al ver como afectaba a los resultados de estabilidad y flujo se pretendió aumentar o disminuir la fibra hasta encontrar un valor óptimo que mejore dichas propiedades. Al final se terminó aplicando 0.1%, 0.2% y 0.3% de fibra de vidrio, 3 briquetas por cada porcentaje.

Figura 3

Composición de las mezclas con fibra de vidrio



Después de realizar los ensayos respectivos se determinó que la cantidad de fibra de vidrio que da mejores resultados es 0.1%, por lo que para la prueba de hipótesis se hicieron 9 briquetas más.

Tabla 6

Muestras para el grupo experimental

% fibra de vidrio	Cantidad
0.1	3+9
0.2	3
0.3	3
Total	18

3.6. Operacionalización de Variables

3.6.1. *Variables*

Variable Independiente: Fibra de vidrio

Variable Dependiente: Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en frío

3.6.2. Matriz de Consistencia

Tabla 7

Matriz de consistencia

TÍTULO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
“Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024”.	<p>Problema General</p> <p>¿Cómo cambian las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio en Sihuas, Áncash 2024?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es el diseño de la mezcla asfáltica en frío convencional?</p> <p>¿Cuáles son los porcentajes de sustitución de fibra de vidrio por el agregado fino en la mezcla asfáltica en frío convencional?</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de sustitución de fibra de vidrio que otorgue la estabilidad y flujo más eficiente en la mezcla modificada?</p>	<p>Objetivo Principal</p> <p>Evaluar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio en Sihuas, Áncash 2024.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Realizar el diseño de la mezcla asfáltica en frío convencional.</p> <p>Probar la sustitución de diferentes porcentajes de fibra de vidrio por el agregado fino en la mezcla asfáltica en frío convencional.</p> <p>Definir el porcentaje de sustitución de fibra de vidrio que otorgue la estabilidad y flujo más eficiente en la mezcla modificada.</p>		<p>Variables Independientes</p> <p>Fibra de vidrio.</p> <p>Variables Dependientes</p> <p>Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en frío.</p>

3.6.3. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 8

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VD: Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en frío	Se refieren a las características que determinan su comportamiento bajo carga y condiciones de deformación (Guerrero, 2021).	Ensayos de laboratorio y un diseño de mezcla asfáltica en frío mediante el Método Illinois basado en una modificación del Método Marshall.	Características de los agregados	Análisis granulométrico Gravedad específica y absorción Abrasión Los Ángeles Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio Porcentaje de partículas fracturadas Angularidad Partículas chatas y alargadas Equivalente de arena	<ul style="list-style-type: none"> - Manual de carreteras EG-2013 - Manual de ensayo de materiales - Instrumentos y equipos de laboratorio - Formatos de recolección de datos - Hojas de cálculo
VI: Fibra de vidrio	Material hecho a base de filamentos finos de vidrio. Se obtiene al hacer fluir el vidrio fundido a través de una serie de agujeros finos que, al solidificarse, se obtiene el material con suficiente flexibilidad como para ser usado como una fibra (Irving, 2010).	Sustituirá a un porcentaje del agregado fino de la mezcla asfáltica, se medirá respecto al peso del agregado seco con una balanza de 0.1 g de precisión.	Parámetros del Método Illinois (Marshall Modificado) Dosisificación	Estabilidad Flujo Inicialmente se usará 0.1% de fibra y se irá incrementando o disminuyendo de acuerdo a como vaya mejorando la estabilidad/flujo de las briquetas.	<ul style="list-style-type: none"> - Manual de carreteras EG-2013 - Manual MS - 14 - Equipo de ensayo Marshall - Instrumentos de Laboratorio - Formatos de recolección de datos - Hojas de cálculo <ul style="list-style-type: none"> - Balanza - Formatos de recolección de datos

3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Como técnica se emplearon ensayos de laboratorio. Se realizaron los ensayos mínimos para los agregados de la mezcla asfáltica en frío solicitados en la norma Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del MTC. Estos ensayos se hicieron siguiendo los pasos estandarizados del Manual de Ensayo de Materiales o de las normas ASTM en las que se basan. Se aplicó el procedimiento descrito en el Manual de Mezcla Asfáltica en Frío (MS - 14) del Instituto del Asfalto para el diseño de la mezcla en frío con emulsión asfáltica.

Como instrumentos se usaron equipos y herramientas de laboratorio, así como, formatos de recolección de datos para cada ensayo los cuales se muestran en los anexos.

3.7.1. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (MTC E 204, ASTM C136/C136M-19)

Equipos y Materiales

- Serie de tamices con especificación ASTM E11 (1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200).
- Balanza con precisión de 0.1 g.
- Estufa.
- Recipientes de aluminio.
- Pala dosificadora.

Procedimiento

- Se realizó el cuarteo de las muestras de agregado grueso y fino. Se procuró que el peso de la muestra cuarteada de agregado fino no baje de 300 g y de agregado grueso, con TMN de 1/2'', no baje de 2000 g que es lo mínimo indicado en la norma.
- Se secaron las muestras en una estufa, anotando el peso antes y después de secar.

- Luego de seleccionar los tamices necesarios y encajarlos de mayor tamaño a menor, se vertieron las muestras y se tamizaron manualmente.
- Se determinó el peso de muestra retenido en cada tamiz con una precisión de 0.1 g.

Figura 4

Análisis granulométrico de los agregados pétreos



3.7.2. *Gravedad específica y absorción de agregados (MTC E 205, ASTM C128-22) (MTC E 206, ASTM C127-24)*

Equipos y Materiales

- Balanza con precisión de 0.1 g.
- Picnómetro (fiola de 500 ml).
- Molde cónico de metal y pisón.
- Bandeja metálica.
- Embudo
- Cesta o canastilla para sumergir el agregado grueso.
- Contenedor de agua para inmersión de la cesta.
- Tamiz N°4.
- Pala dosificadora.
- Recipientes de aluminio.

- Estufa

Procedimiento (agregado fino)

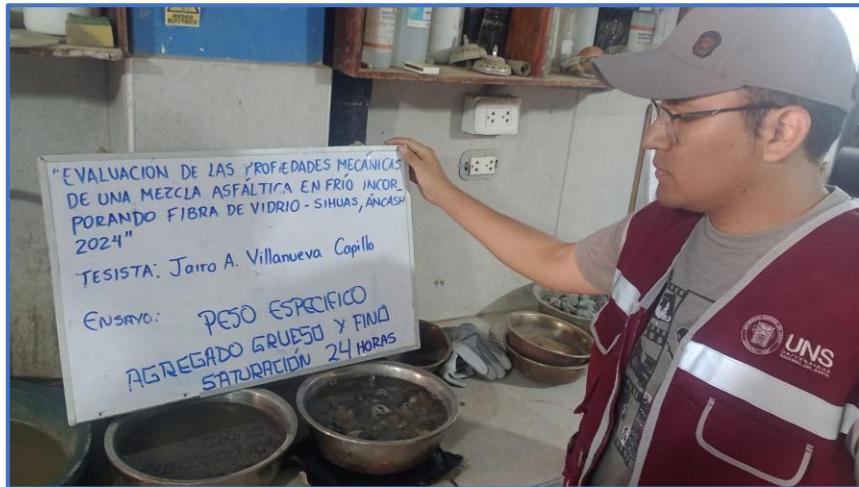
- Se separó una muestra de 1 kg aproximadamente, luego de dejarlo reposar en agua durante 24 horas se decantó el exceso de agua y se colocó en una bandeja para su secado, se secó la muestra aplicando calor hasta observar que las partículas de arena no se peguen unas con otras.
- Luego de esto se colocó la arena en un molde cónico para ser apisonada 25 veces. Se trató de llegar a un punto en el que al retirar el molde el cono de arena deba derrumbarse parcialmente, al pasar esto en la arena se concluyó que adquirió la condición de saturada superficialmente seca (SSS) y sería apta para hallar los pesos requeridos.
- Para hallar las gravedades específicas en base al peso de la muestra se separó 500 g de arena SSS y se llenó en un picnómetro (fiola) con agua, luego de eliminar las burbujas de aire de la arena se llenó el picnómetro con agua hasta la marca calibrada y se pesó
- Se determinó el peso seco al horno de la misma arena usada en la fiola y el peso de la fiola solo con agua, con estos datos se calcularon las gravedades específicas y absorción.

Procedimiento (agregado grueso)

- En cuanto al agregado grueso, se tamizó la muestra por la malla N°4 y lo que quedó se saturó por 24 horas. Se procuró que el peso de esta muestra no baje de 2 kg que es lo que exige la norma para un agregado con TMN de 1/2”.
- Al terminar de saturar, se determinó el peso saturado con superficie seca, sumergido en agua y seco; luego, con estos valores obtenidos y mediante fórmulas se obtuvo los tres tipos de gravedades específicas y absorción.

Figura 5

Saturación de agregados para ensayo de gravedad específica y absorción



3.7.3. Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½") (MTC E 207, ASTM C131/C131M-20)

Equipos y Materiales

- Máquina de Los Ángeles.
- Tamices.
- Balanza con precisión de 1 g.
- Esferas de acero de 46-48 mm de diámetro y 390-445 g de peso.

Procedimiento

- Se lavó y secó la muestra, luego, se eligió la gradación adecuada que para este estudio fue la B, se separó en los tamaños indicados de 1/2" y 3/8" con pesos de 2500 gramos cada uno.
- Con 11 esferas de acero (gradación B), se colocó la grava en la máquina de Los Ángeles a una velocidad de 30 a 33 rpm por 500 revoluciones.
- Se retiró el material y se separó con el tamiz N°12.
- Se lavó y secó el material retenido en el tamiz y se pesó para calcular el porcentaje de pérdida.

Figura 6

Esferas metálicas para ensayo de abrasión



3.7.4. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (MTC E 209, ASTM C88/C88M-24)

Equipos y Materiales

- Tamices.
- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Sulfato de magnesio.
- Recipientes.
- Estufa.

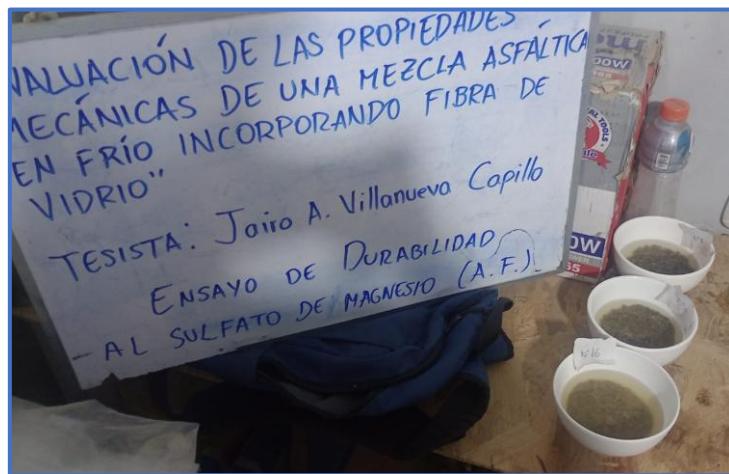
Procedimiento

- Se preparó el agregado fino obteniendo muestras de 100 g como mínimo retenido en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30 y N°50.
- Se preparó el agregado grueso con una muestra que no pase el tamiz N°4, los pesos mínimos retenidos en cada tamiz se indican en la norma.

- Se lavó y secó los agregados retenidos en los tamices, se separó de acuerdo a su tamaño y se colocaron en recipientes.
- Se preparó la solución de sulfato de magnesio usando 350 g del compuesto por litro de agua.
- Se agregó la solución a cada recipiente con agregado, después de 16 a 18 horas sumergidos, los agregados se retiraron de la solución y se secaron con estufa, luego de enfriar se volvieron a colocar en la solución.
- Se repitió el proceso 5 veces (5 ciclos), al terminar se lavaron las muestras y se secaron, cada una de las muestras se tamizó en los mismos tamices en las que estuvieron retenidas antes de sumergirlas.
- Se registró el peso final y se calculó el porcentaje de pérdida.

Figura 7

Muestras para durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino



3.7.5. *Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E 210, ASTM D5821-13)*

Equipos y Materiales

- Tamices.
- Balanza de 0.1 g de precisión.

Procedimiento

- Se usó una muestra con un peso total mayor de 500 g como indica la norma para agregado con TMN de 1/2”, luego, se lavó y secó para retirar los finos.
- Se tamizó la muestra en tamaños de 1/2” y 3/8”, luego, se anotó los pesos retenidos.
- Se inspeccionó cada partícula y se separó las que cumplían con el número requerido de caras fracturadas.
- Se pesó las partículas separadas y en base al peso inicial se calculó el porcentaje de caras fracturadas.

3.7.6. *Angularidad (MTC E 222, ASTM C1252-23)*

Equipos y Materiales

- Tamices N°8 y N°200.
- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Cilindro, embudo y marco metálico para angularidad.

Procedimiento

- Se separó la arena comprendida entre el tamiz N°8 y N°200.
- Se vertió la arena en el embudo dejándola caer sobre el cilindro de volumen conocido hasta que este rebose, luego, se enrasó el cilindro y se pesó la arena retenida.

Figura 8

Angularidad del agregado fino



3.7.7. Partículas planas y alargadas (MTC E 223, ASTM D4791-19)

Equipos y Materiales

- Calibrador proporcional.
- Tamices.
- Balanza de 0.1 g de precisión.

Procedimiento

- Se redujo la muestra por cuarteo hasta llegar a un peso mayor de 2 kg, que es el peso mínimo para una muestra con TMN de 1/2”.
- Se tamizó hasta el N°4 y se halló su gradación.
- De cada retenido en el tamiz se escogió 100 partículas y se pesó.
- Se estableció tres categorías para las partículas: 1) planas, 2) alargadas y 3) planas y alargadas.
- Se inspeccionó con el calibrador proporcional cada partícula de las 100 y se colocó en las categorías mediante el siguiente criterio: para prueba de planas la abertura grande

es igual al ancho máximo de la partícula, la partícula es plana si el grosor se puede pasar a través de la abertura pequeña; para prueba de alargadas la abertura grande es igual a la longitud de la partícula, la partícula es larga si el ancho se puede pasar a través de la abertura pequeña.

- Clasificadas las partículas se pesaron y se calculó el porcentaje de planas y alargadas respecto a su peso original.

Figura 9

Ensayo de partículas planas y alargadas



3.7.8. Equivalente de arena (MTC E 114, ASTM D2419-22)

Equipos y Materiales

- Equipo para equivalente de arena: cilindro graduado transparente de plástico, tapón de jebe, tubo irrigador, ensamblaje de sifón, medidor de arena con peso en el extremo y lata de medición 85 ± 5 mL.
- Stock de solución hecha de cloruro de calcio, glicerina, formaldehído y agua destilada.
- Tamiz N°4.
- Embudo.

- Reloj.

Procedimiento

- Se tamizó la arena a través de la malla N°4 hasta obtener un promedio de 1500 g de muestra, se tomó parte de esta muestra y se llenó en la lata de medición.
- Se preparó la solución de trabajo diluyendo 85 ± 5 mL de stock en 3.8 L de agua.
- Colocando la solución por encima de la superficie de trabajo se sifoneó la solución a la probeta y se llenó de líquido hasta la marca de 4 pulgadas.
- Con ayuda de un embudo se vació en la probeta la arena de la lata de medición.
- Se dejó reposar la arena por 10 minutos para saturarla.
- Terminado el tiempo se colocó un tapón en la probeta y se agitó durante 90 ciclos.
- Se llenó la probeta con la solución hasta llegar a la marca máxima de 15 pulgadas.
- Se dejó reposar por 20 minutos y luego se tomó la lectura de finos y arena.

Figura 10

Ensayo de equivalente de arena



3.7.9. *Diseño de mezcla asfáltica en frio*

a. Determinación del Porcentaje Óptimo Teórico de Emulsión

Procedimiento

- Se calculó con la siguiente fórmula:

$$E = (0.05A + 0.1B + 0.5C) \times 0.7$$

Donde:

A es el porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 8.

B es el porcentaje que pasa el tamiz N° 8 y se retiene en el tamiz N° 200.

C es el porcentaje que pasa el tamiz N° 200.

b. Prueba de recubrimiento o cobertura

Equipos y Materiales

- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Cucharon de acero para mezclado.
- Recipientes.

Procedimiento

- Se seleccionó 1100 g de agregado combinado (grueso y fino) seco.
- Se mezcló el agregado combinado con el agua de premezcla la cual fue 2% del peso del agregado seco, luego, se agregó la emulsión, cuya cantidad se calculó con la fórmula anterior, y se mezcló por 1 a 3 minutos asegurando una distribución uniforme de la emulsión sobre los agregados. Se prepararon mezclas con 2, 3, 4 y 5% de agua de premezcla.
- Se evaluó visualmente la extensión del recubrimiento de la emulsión sobre los agregados buscando que los agregados estén completamente cubiertos, sin áreas expuestas que puedan afectar la cohesión de la mezcla.

- Se eligió el agua de premezcla que dio el mejor recubrimiento del agregado sin llegar a saturar la mezcla.

c. Contenido Óptimo de Humedad de Compactación

Equipos y Materiales

- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Cucharón de acero para mezclado.
- Espátula.
- Equipo Marshall para compactación de briquetas.
- Prensa Marshall.

Procedimiento

- Se seleccionó una muestra de agregado combinado de 1100 g de peso en estado seco.
- Se mezcló el agregado y el agua de premezcla de forma manual hasta que la humedad estuvo completamente dispersada en todo el agregado, luego, se vertió la emulsión y se mezcló durante 1 a 3 minutos hasta uniformizar la mezcla.
- Se aireó la mezcla antes de compactarla para eliminar el agua y llegar a la humedad de compactación prevista.
- Para realizar la compactación se colocó el molde de la briqueta en el pedestal de compactación Marshall, luego, se colocó un disco de papel no absorbente dentro del molde y se vertió la mezcla, se golpeó con la espátula 15 veces en el perímetro y 10 veces en el interior, se colocó otro disco de papel encima y se procedió a compactar. Con el martillo se aplicó 50 golpes por cara de la briqueta. Se hicieron tres briquetas por cada contenido de humedad.
- Después de 24 horas en el molde, se extrajo la briqueta y se dejó curar por otras 72 horas, terminado este periodo se ensayo su estabilidad en la prensa Marshall.

- Con los datos obtenidos se graficó la curva de Estabilidad vs Humedad de compactación de la cual se obtuvo, para una estabilidad máxima, la óptima humedad de compactación.

d. Variación del Contenido de Asfalto Residual

Equipos y Materiales

- Balanza de 0.1 g de precisión.
- Cucharón de acero para mezclado.
- Espátula.
- Equipo Marshall para compactación de briquetas.
- Prensa Marshall.
- Medidor de flujo
- Bomba de vacío con desecador y manómetro.

Procedimiento

- De manera similar al procedimiento anterior se elaboraron y curaron las briquetas. En esta etapa se fue variando en 1% la cantidad de asfalto residual con un total de cinco porcentajes y seis briquetas para cada porcentaje, reduciendo el agua añadida a medida que la cantidad de emulsión aumenta para mantener siempre el mismo contenido de humedad de la mezcla.
- Después del curado se halló la gravedad específica bulk de todas las briquetas.
- Por cada contenido de asfalto residual, tres de las briquetas se ensayaron en seco en la prensa Marshall para obtener su estabilidad y flujo. Las otras tres se sometieron a un proceso de inmersión y saturación al vacío, usando la bomba de vacíos se aplicó a las briquetas en agua una presión de 100 mm de Hg durante una hora y luego se dejó reposar sin presión otra hora más, al terminar se ensayaron las muestras en la prensa Marshall.
- Se secaron las briquetas falladas para calcular su contenido de humedad.

- Con los datos obtenidos se elaboraron las gráficas correspondientes y se definió el porcentaje óptimo de asfalto residual.

3.8. Técnicas de Análisis de Resultados

Para evaluar objetivamente el comportamiento de la mezcla asfáltica en frío con y sin la inclusión de fibra de vidrio, se examinaron los resultados experimentales utilizando herramientas estadísticas y computacionales. Esto se logró utilizando Microsoft Excel para organizar los datos en tablas y gráficos comparativos que facilitaron la comprensión visual de los patrones observados, así como para realizar los cálculos de diseño y determinar los valores óptimos de estabilidad y fluidez.

En primer lugar, se determinaron los valores medios y la desviación estándar del grupo de muestra seleccionado mediante la aplicación de técnicas analíticas descriptivas. Para confirmar que existían diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas convencionales y las mezclas modificadas con fibra de vidrio, se llevó a cabo un análisis estadístico inferencial utilizando la prueba *t* de Student con un nivel de confianza del 95 %. Esta prueba permitió validar la hipótesis planteada y determinar si la incorporación de la fibra produce un efecto real en las características mecánicas del asfalto mezclado en frío.

Finalmente, los resultados fueron presentados mediante gráficos y tablas comparativas, lo que permitió una interpretación clara de los efectos del refuerzo con fibra de vidrio sobre la estabilidad y el flujo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Resultados y Discusión

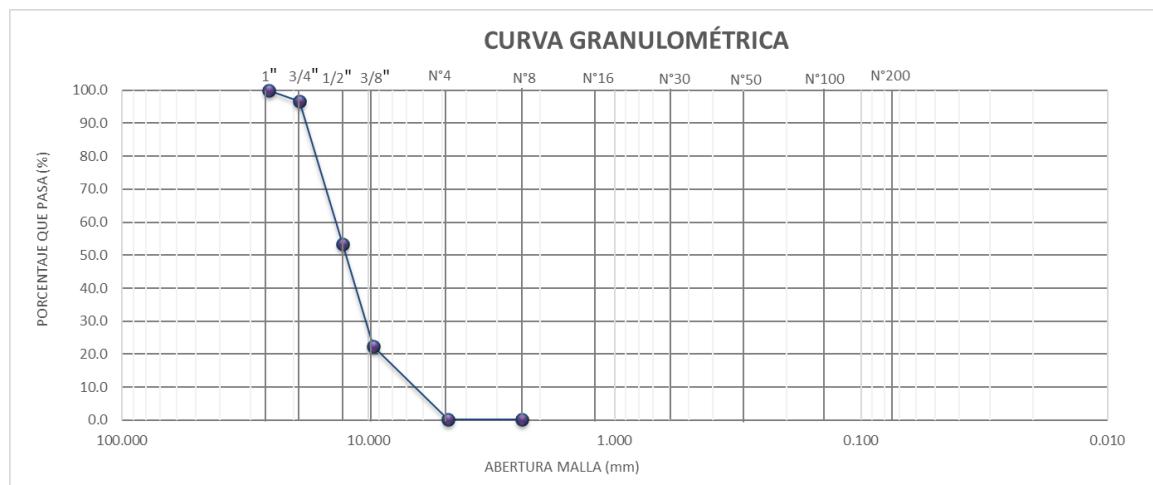
4.1. Resultados

4.1.1. Caracterización de los Agregados Pétreos para el Diseño de Mezcla Asfáltica

- Análisis granulométrico de los agregados

Figura 11

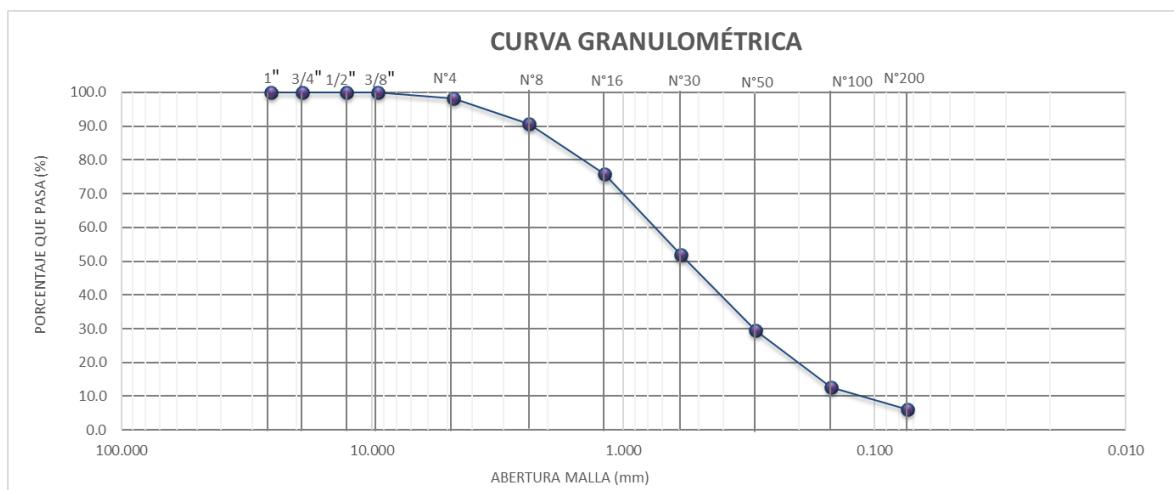
Curva granulométrica del agregado grueso



En la Figura 11 se muestra la curva granulométrica del agregado grueso obtenido de la Cantera Pucarragá en Sihuas; tuvo un 99.8% de grava, 0.1% de arena y 0.1% de finos. Tuvo un TMN de 1/2" y una humedad de 0.29%.

Figura 12

Curva granulométrica del agregado fino



En la Figura 12 se muestra la curva granulométrica del agregado fino obtenido de la Cantera Pucarragá en Sihuas; tuvo un 1.9% de grava, 92.0% de arena y 6.2% de finos. Tuvo una humedad de 0.66%.

- Gravedad específica y absorción de los agregados

Tabla 9

Gravedad específica y absorción del agregado grueso

Descripción	M1	M2	Promedio
Densidad Relativa (Gravedad específica OD)	2.61	2.59	2.60
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	2.64	2.62	2.63
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)	2.69	2.67	2.68
Absorción (%)	1.3	1.0	1.2

Tabla 10

Gravedad específica y absorción del agregado fino

Descripción	M1	M2	Promedio
Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	2.69	2.70	2.69
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	2.71	2.71	2.71
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)	2.74	2.74	2.74
% Absorción	0.7	0.6	0.6

También se calculó las gravedades específicas de la combinación de los agregados, esto se hizo en base a la proporción de arena y grava usada para elaborar las briquetas y las gravedades específicas de ambos agregados; de los tres valores calculados, el más importante es la gravedad específica aparente ya que se usa como dato en el diseño, este tuvo un valor de 2.71.

Según el MS-14, para capas superficiales, la mezcla asfáltica en frío suele ser adecuada para tránsito ligero y medio (Asphalt Institute, 1997, p. 2). Teniendo en cuenta esto se

compararon los resultados de los ensayos realizados a los agregados con los parámetros establecidos por el MTC para tránsito medio.

Tabla 11

Comparación de los ensayos a los agregados con los parámetros del MTC

Ensayos	Resultados obtenidos	Requerimiento MTC		
		Tránsito medio		
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	23%	25% max. (rodadura)	
Durabilidad al sulfato de magnesio	Agregado grueso Agregado fino	MTC E 209	0.7% 4.6%	18% max. 18% max.
Partículas fracturadas	1 cara 2 caras	MTC E 210	100.0% 96.2%	75% min. (rodadura) 60% min. (rodadura)
Angularidad		MTC E 222	45.1%	45% min. (rodadura)
Partículas planas y alargadas		MTC E 223	0.8%	10% max.
Equivalente de arena		MTC E 114	66%	50% min.

Se puede observar que todos los resultados de los ensayos realizados cumplen con lo establecido en la norma “Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” del MTC.

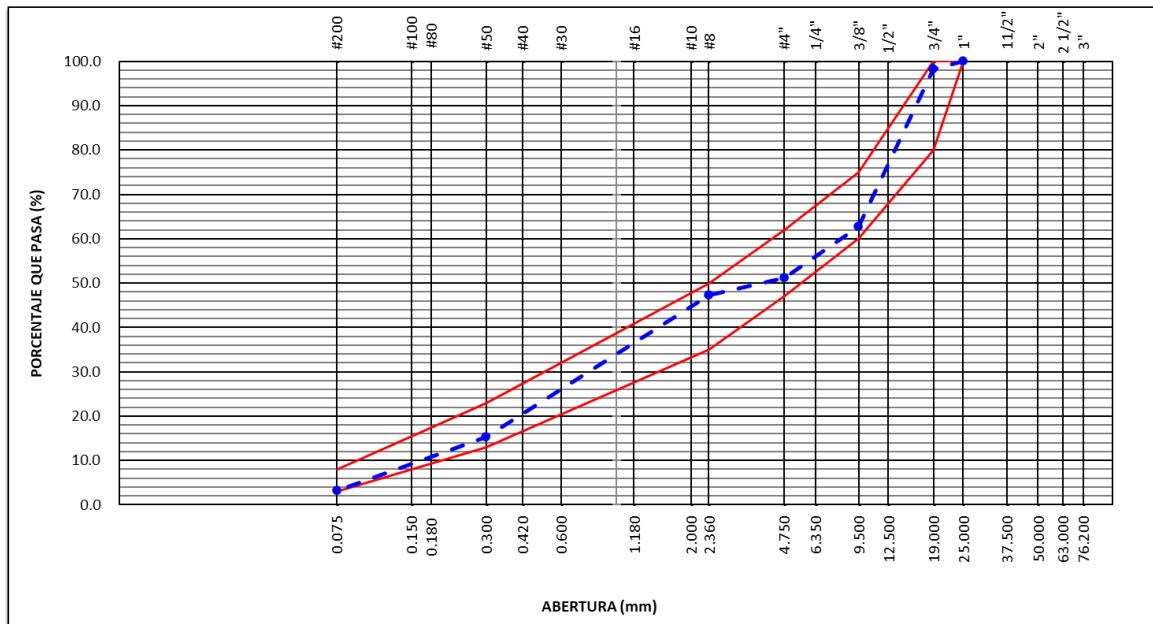
4.1.2. Diseño de Mezcla Asfáltica en Frío con Emulsión

4.1.2.1. Gradación de la mezcla. La gradación de la combinación de agregados se evaluó respecto a los límites de la Tabla 2 para una mezcla densa en frío. Se eligió la gradación MDF-2 ya que, según la Tabla 3, es la adecuada para mezclas usadas en capas de rodadura, así

como para la reparación de baches y es la que mejor se adapta a la granulometría del agregado combinado usado para esta investigación.

Figura 13

Gradación de los agregados combinados para la mezcla densa en frío



Lo ideal es que la curva tienda a ser paralela a los límites, se puede observar en la Figura 13 que la granulometría de los agregados combinados tiene puntos en los que la gráfica está muy cerca de los límites, aunque no sea lo ideal, sigue siendo aceptable para elaborar la mezcla mientras se encuentre dentro del rango. En cuanto a la proporción de agregados se estableció **48% de grava y 52% de arena** como valores óptimos para elaborar el diseño.

4.1.2.2. Porcentaje teórico de emulsión asfáltica. Usando la fórmula, mencionada en el capítulo 2, se calculó **6.1%** como la cantidad de emulsión asfáltica teórica.

4.1.2.3. Prueba de recubrimiento o cobertura. Para este ensayo se probó distintos contenidos de agua añadida o agua de premezcla y se observó cual producía un mayor recubrimiento en el agregado.

Tabla 12

Prueba de recubrimiento o cobertura

Agua Añadida (%)	Emulsión (%)	Asfalto Residual (%)	Humedad de Mezcla (%)	Cobertura (24 Horas) (%)	Observación
2.0	6.1	3.7	4.8	75	Regular
3.0	6.1	3.7	5.7	85	Óptimo
4.0	6.1	3.7	6.7	95	Óptimo
5.0	6.1	3.7	7.7	100	Saturado

Se puede ver en la Tabla 12 que 3% y 4% de agua de premezcla dan recubrimientos óptimos; pero se eligió **4%** para el diseño ya que lo mejor es tomar la cantidad de agua más próxima a la saturación para que haya una mejor distribución de la emulsión en los agregados. Esta cantidad de agua de premezcla nos dio una humedad total en la mezcla de **6.7%** que es la suma de las humedades del agua de premezcla, agua de los agregados y agua de la emulsión.

4.1.2.4. Contenido Óptimo de Agua en la Compactación. Se obtuvo el contenido óptimo de agua de compactación comparando diferentes valores de humedad de la mezcla al momento de compactarse con la estabilidad que generaba.

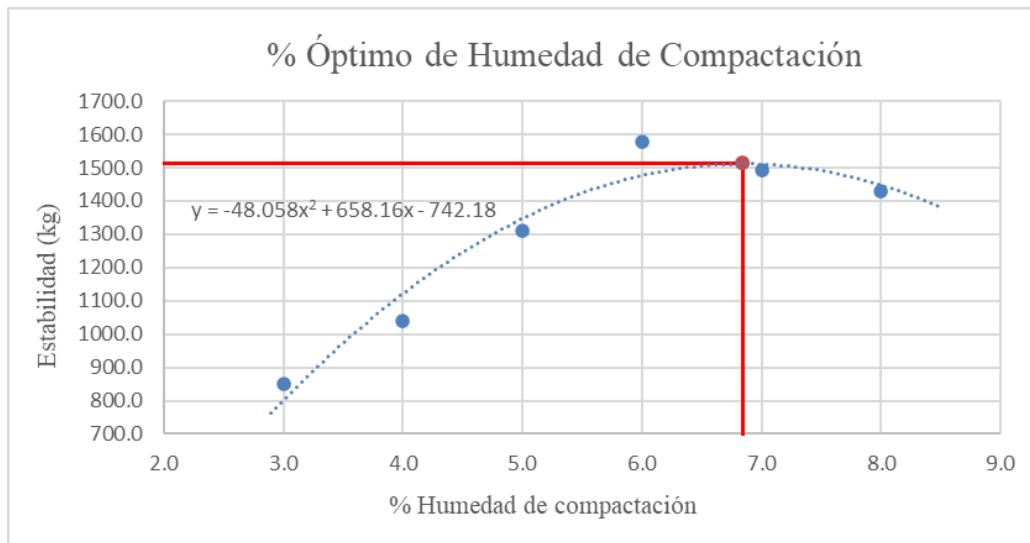
Tabla 13

Estabilidad de la mezcla en función de la humedad de compactación

Humedad (%)	Estabilidad (kg)
8.0	1430.6
7.0	1493.6
6.0	1578.1
5.0	1310.3
4.0	1041.3
3.0	848.9

Figura 14

Estabilidad vs Humedad de compactación



De la Figura 14 podemos observar que la estabilidad incrementó conforme aumentó la humedad de compactación hasta llegar a un punto en el que la estabilidad comenzó a descender, esto nos da a entender que valores muy bajos o muy elevados de humedad de compactación nos da estabilidades bajas. Se halló la estabilidad máxima la cual tuvo un valor de **1511.2 kg**, dicho valor correspondió al óptimo de humedad de compactación que fue **6.8%**.

4.1.2.5. Variación del Contenido de Asfalto Residual. Para hallar el valor óptimo de asfalto residual y por ende el valor óptimo de emulsión asfáltica se fabricaron briquetas con distintos porcentajes de asfalto residual, teniendo en cuenta que el óptimo teórico de emulsión asfáltica fue 6.1% y que el porcentaje de residuo asfáltico de la emulsión según la ficha técnica del producto fue 60.5% se calculó un asfalto residual teórico de 3.7%; este valor se fue variando en 1% hasta tener los porcentajes de 2.7, 3.7, 4.7, 5.7 y 6.7% de asfalto residual. Con esto se elaboraron 30 briquetas, 15 ensayadas en seco y 15 ensayadas luego de la inmersión y saturación en una bomba de vacíos, esto hacia un total de 6 briquetas por contenido de asfalto residual. Luego de ensayarlas se elaboraron gráficas a partir de los resultados obtenidos, los datos se muestran en la Tabla 14.

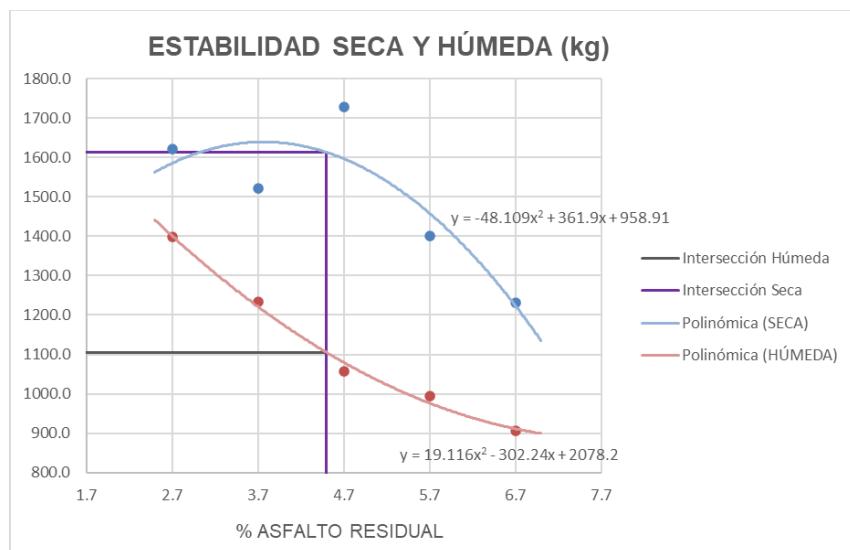
Tabla 14

Cuadro resumen con porcentajes de asfalto residual

% Asfalto residual	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7
Estabilidad seca (kg)	1622.3	1521.4	1729.1	1400.7	1231.0
Estabilidad húmeda (kg)	1399.3	1233.4	1057.5	994.5	906.0
% Pérdida de estabilidad	13.7	18.9	38.8	29.0	26.4
Densidad bulk seca	2.141	2.139	2.150	2.107	2.094
% Humedad absorbida	1.6	3.8	3.9	2.6	1.7
% Vacíos totales	8.1	7.6	6.7	7.1	6.9
Flujo (mm)	4.03	3.49	5.09	5.11	7.67

Figura 15

Gráfica de Estabilidad seca y húmeda vs Asfalto Residual

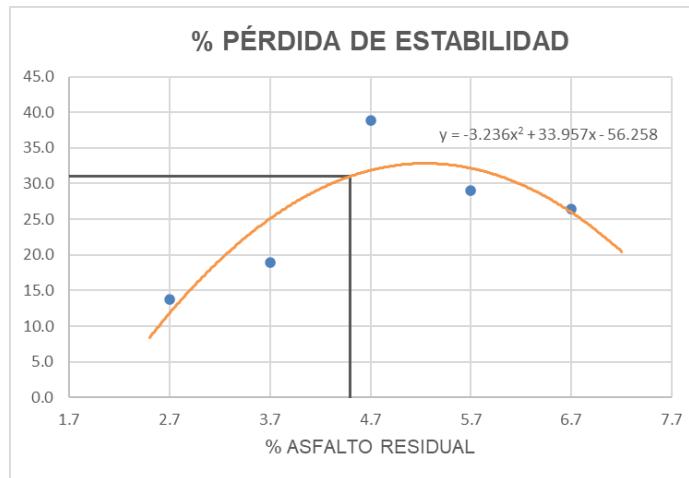


En la Figura 15 se puede apreciar que conforme aumentó el asfalto residual la curva de estabilidad seca subió hasta llegar a un punto máximo donde comenzó a descender. En cambio, la curva de estabilidad húmeda solo descendió, esto se debió a la exposición a la humedad y saturación al vacío a las que fueron sometidas las muestras antes del ensayo de estabilidad/flujo. Ya se mencionó anteriormente, que uno de los criterios para elegir el óptimo de asfalto residual es que este dé la máxima estabilidad húmeda posible, se eligió como asfalto residual óptimo **4.5%** el cual da una estabilidad seca y húmeda de **1613.3 kg** y **1105.2 kg**.

respectivamente; este valor óptimo no da el máximo valor de estabilidad en húmedo según la gráfica debido a las limitaciones que dan las siguientes gráficas.

Figura 16

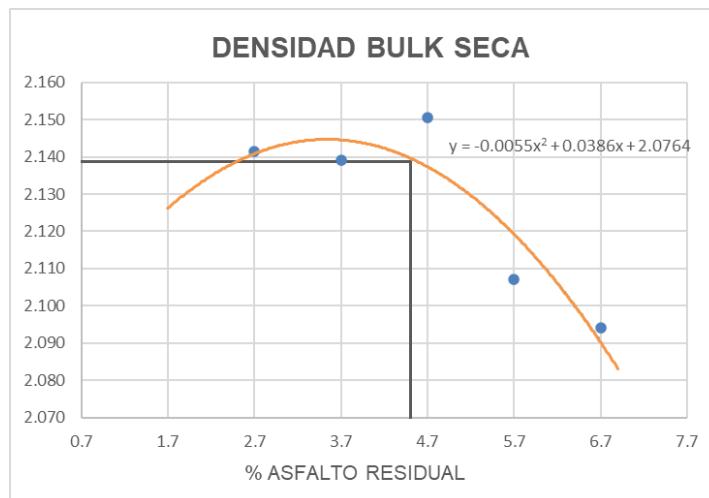
Gráfica de Pérdida de estabilidad vs Asfalto Residual



La pérdida de estabilidad mostró un pico en aproximadamente 5% de asfalto residual. La pérdida debe ser como máximo 50% según la norma EG-2013, entonces, cualquier valor que se elija de la gráfica estará dentro de ese límite. Lo mejor es elegir una pérdida lo mínima posible, ya que cuanto mas elevada es la pérdida más susceptible a la humedad se vuelve la mezcla. Con **4.5%** como valor óptimo de asfalto residual da una pérdida de **31.0%**.

Figura 17

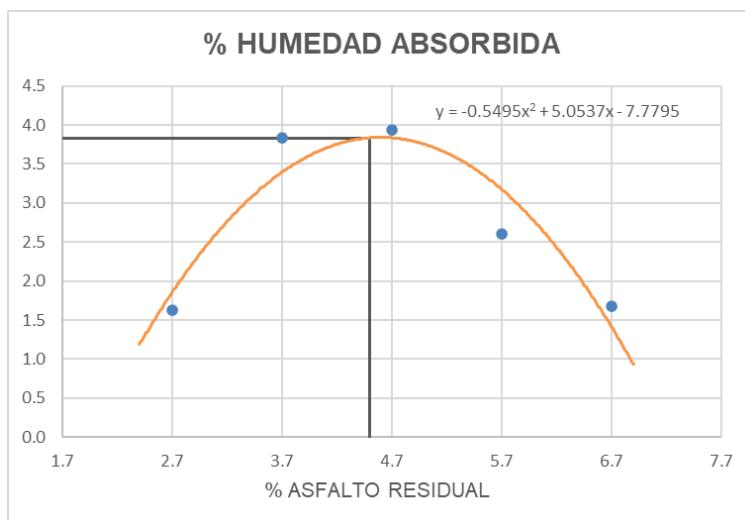
Gráfica de Densidad bulk seca vs Asfalto Residual



En la Figura 17 se aprecia que la densidad bulk seca llegó a un punto máximo luego bajó conforme aumentó el asfalto residual, esto se debe a que a menor cantidad de asfalto se generan muchos vacíos reduciendo la densidad; si hay demasiado asfalto, como este tiene menor densidad que los agregados, la densidad general de la mezcla se ve reducida. Para un valor óptimo de **4.5%** de asfalto residual la densidad bulk seca es **2.139** la cual esta próxima al valor máximo.

Figura 18

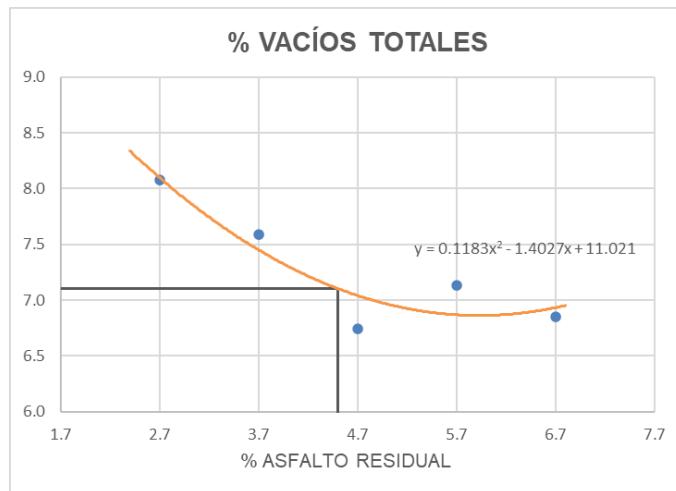
Gráfica de Humedad absorbida vs Asfalto Residual



Lo mejor para la mezcla es que no absorba mucha agua ya que podría causar desprendimiento del agregado, la norma EG-2013 da un valor máximo de 4% para la humedad absorbida. De la Figura 18, para un asfalto residual de **4.5%** la humedad absorbida es **3.8%** la cual está muy cerca del límite puesto por la norma. Se pudo haber elegido valores más bajos de absorción, pero eso habría comprometido otras propiedades ya vistas como la estabilidad en húmedo, pérdida de estabilidad y la densidad; por eso, se optó por este valor que sigue estando dentro de los límites.

Figura 19

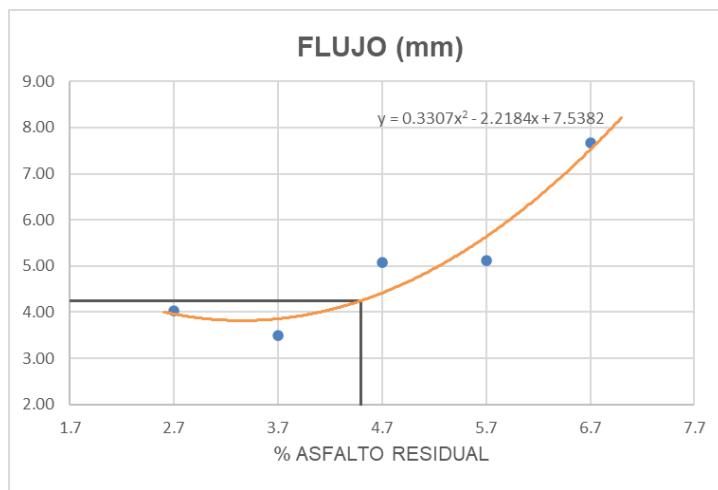
Gráfica de Vacíos totales vs Asfalto Residual



En la Figura 19 los vacíos totales disminuyen conforme aumenta la cantidad de asfalto residual, cuanto más asfalto tiene una mezcla más se llenan los vacíos de aire, pero la mezcla se puede volver inestable. Para un valor de **4.5%** de asfalto residual se obtuvo **7.1%** de vacíos totales.

Figura 20

Gráfica de Flujo vs Asfalto Residual



El flujo aumentó conforme lo hizo el asfalto residual, como se ve en la Figura 20. Para un **4.5%** de asfalto residual se obtuvo **4.25 mm** de flujo. El flujo no es una propiedad que esta metodología de diseño tome en cuenta, pero se consideró para los objetivos de investigación.

En la Tabla 15 se muestra los valores de las propiedades para un 4.5% de asfalto residual óptimo junto con los parámetros que da el MTC en la norma EG-2013.

Tabla 15

Propiedades Método Illinois – Marshall Modificado

Propiedades	-0.3 %	Óptimo	+0.3 %	Parámetros MTC, EG-2013
Nº de golpes por cara		50		
% Asfalto residual	4.2	4.5	4.8	
% Emulsión asfáltica	6.9	7.4	7.9	
Densidad bulk seca	2.142	2.139	2.135	
% Humedad absorbida	3.8	3.8	3.8	4% max.
% Vacíos totales	7.2	7.1	7.0	2 - 8%
Estabilidad seca (kg)	1630.2	1613.3	1587.6	
Estabilidad húmeda (kg)	1146.0	1105.2	1067.9	500 lb (227 kg) min.
% Pérdida de estabilidad	29.3	31.0	32.2	50% max.
Flujo (mm)	4.05	4.25	4.51	

Finalmente, en la Tabla 16 se muestra el diseño de la mezcla patrón con los porcentajes en función del peso del agregado combinado.

Tabla 16

Diseño de mezcla asfáltica en frío con emulsión (patrón)

Descripción	Cantidad
Grava	48.0%
Arena	52.0%
Emulsión	7.4%
Agua de premezcla	3.6%

La cantidad de agua de premezcla, que inicialmente tenía 4%, se cambió a 3.6% ya que se debió ajustar a la cantidad de agua de compactación y al agua de la emulsión óptima encontrada, se pueden ver los cálculos en los anexos. Los porcentajes de emulsión y agua de premezcla son en base al peso del agregado combinado seco.

4.1.3. Incorporación de fibra de vidrio a la mezcla asfáltica en frío

La incorporación de fibra de vidrio se hizo mediante la sustitución de una parte del agregado fino. Los porcentajes de fibra no se establecieron de manera predeterminada, sino que, se comenzó usando 0.1% de fibra y se pretendió aumentar o disminuir dicho valor de acuerdo a como cambiaba la estabilidad y flujo, al final se usó 0.1%, 0.2% y 0.3%. En la Tabla 17 se muestran las proporciones de los agregados para la mezcla con la sustitución parcial de arena por fibra.

Tabla 17

Proporción de fibra de vidrio y agregados para la mezcla

Proporción original:	Grava:	48.0%	Arena:	52.0%
Fibra de vidrio	Grava	Arena		
0.1%	48.0%		51.9%	
0.2%	48.0%		51.8%	
0.3%	48.0%		51.7%	

Al variar la arena también cambió la granulometría original de la combinación de agregados; pero, al ser poca la variación, las curvas granulométricas se mantuvieron dentro de los límites de la gradación establecidos por la norma, estos datos y gráficos se muestran con mayor detalle en los anexos.

En la Tabla 18 se muestran los resultados de las propiedades de la mezcla en frío con fibra de vidrio comparándolas con los valores de la mezcla patrón.

Tabla 18

Resultados de la mezcla asfáltica en frío con fibra de vidrio

Propiedades	Patrón	F-0.1%	F-0.2%	F-0.3%
Nº de golpes por cara	50	50	50	50
% Asfalto residual	4.5	4.5	4.5	4.5
% Emulsión asfáltica	7.4	7.4	7.4	7.4
Densidad bulk seca	2.139	2.145	2.140	2.123
% Vacíos totales	7.1	7.0	7.1	7.4
Estabilidad (kg)	1613.3	2008.9	1867.6	1677.3
Flujo (mm)	4.25	6.98	7.13	6.15

Las briquetas con fibra solo se ensayaron en estado seco y no en estado seco y húmedo como en el diseño; las propiedades de humedad absorbida, estabilidad húmeda y pérdida de estabilidad solo son necesarias para hallar el contenido óptimo de asfalto residual en el diseño.

4.1.4. Comparación de los valores de estabilidad y flujo de la mezcla convencional y modificada con fibra de vidrio

Figura 21

Comparación de los valores de estabilidad de la mezcla convencional y modificada

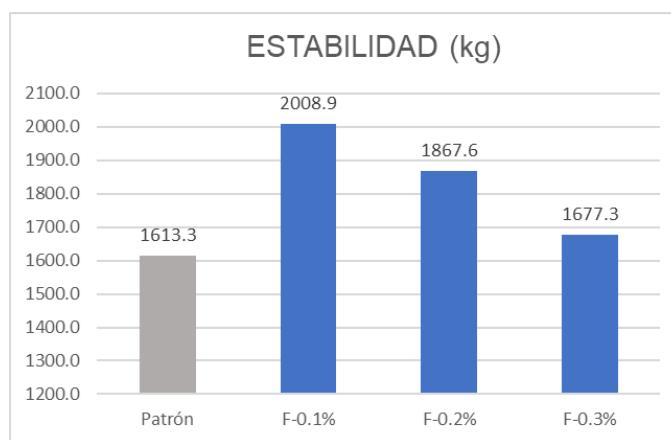
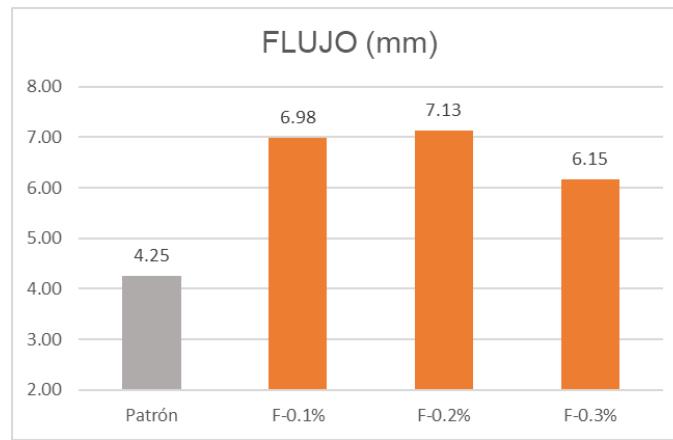


Figura 22

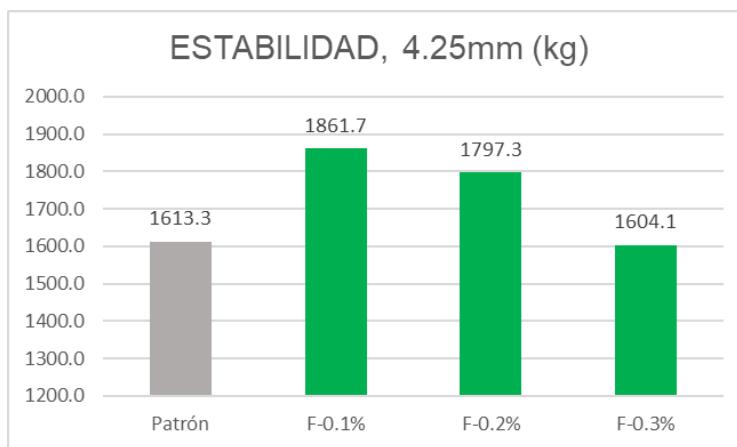
Comparación de los valores de flujo de la mezcla convencional y modificada



De las gráficas podemos observar que las estabilidades de las mezclas con fibra superaron a la mezcla convencional (patrón), esto es lo que se buscaba con la investigación, excepto, por el flujo, que tuvo valores superiores para las mezclas con fibra. Lo ideal, al agregar la fibra, es que la estabilidad aumente mientras que el flujo disminuya o se mantenga; por esa razón, se optó por comparar los resultados de estabilidad para un mismo flujo. En la Figura 23 se muestran los valores de estabilidad para un flujo de 4.25 mm, que es el valor de flujo de la mezcla patrón.

Figura 23

Comparación de los valores de estabilidad para un flujo de 4.25 mm



Se puede observar que las mezclas con 0.1% y 0.2% de fibra dieron resultados mayores de estabilidad en comparación con la mezcla patrón, siendo la de 0.1% que logró dar el mejor resultado con 1861.7 kg de estabilidad.

4.1.5. Prueba de Hipótesis

Hipótesis nula

H_0 : Las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío no mejoran significativamente al incorporar fibra de vidrio.

Hipótesis alternativa

H_1 : Las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío mejoran significativamente al incorporar fibra de vidrio.

$$H_0: \bar{X} \leq \mu$$

$$H_1: \bar{X} > \mu$$

Para la prueba de hipótesis se tuvieron 12 briquetas con 0.1% de fibra de vidrio a las cuales se les midió la estabilidad para un flujo de 4.25 mm. El valor de la mezcla patrón (sin fibra) fue de 1613.3 kg.

Tabla 19

Estabilidad de briquetas con 0.1% de fibra para prueba de hipótesis

Muestra	Estabilidad (kg)
M1	1632.3
M2	2091.5
M3	1861.4
M4	1689.5
M5	1613.3
M6	1794.9
M7	1857.6
M8	1616.2
M9	1693.2
M10	1987.5
M11	1544.0
M12	1627.0

Para la prueba de hipótesis se usó la Prueba t de Student con un valor de significancia de $\alpha = 0.05$. Para calcular el valor t se usó la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

\bar{X} = Media muestral

μ = Media de referencia

S = Desviación estándar

n = Número de unidades muestrales

Por la naturaleza de la hipótesis la gráfica de la curva normal tendrá solo una región de rechazo (una cola), debido a que, lo que se busca es que los valores de estabilidad de la mezcla asfáltica con fibra sean mayores que los de la mezcla patrón. Los valores calculados se muestran a continuación:

$$\bar{X} = 1750.7 \text{ kg}$$

$$\mu = 1613.3 \text{ kg}$$

$$S = 168.9 \text{ kg}$$

$$n = 12$$

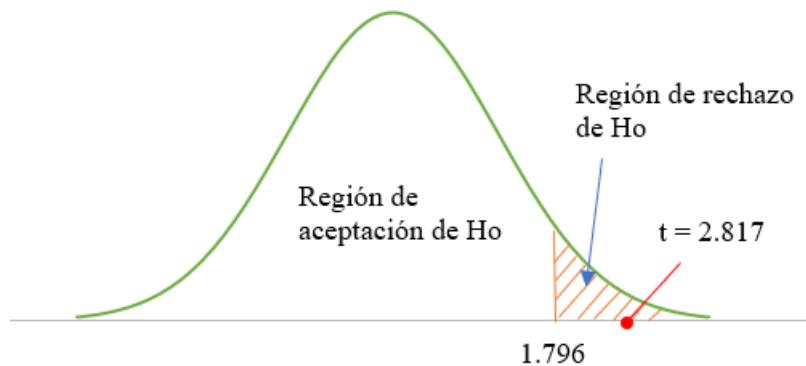
$$GL = 11$$

$$t = 2.817$$

$$t_{crítico} = 1.796 \text{ (valor hallado en tablas)}$$

Figura 24

Distribución t de Student para estabilidad de briquetas con 0.1% de fibra de vidrio



El valor de t cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, esta no se acepta. Se acepta la hipótesis alternativa.

4.2. Discusión

- Análisis e interpretación de los resultados

De acuerdo a la prueba de hipótesis mediante el método t de Student se aceptó la hipótesis planteada al principio la cual afirma que las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío mejoran significativamente al incorporar fibra de vidrio. Para un flujo de 4.25 mm, la estabilidad de la mezcla convencional (patrón), de 1613.3 kg, pasa a un promedio de 1750.7 kg al incorporarle 0.1% de fibra de vidrio, esto supone un incremento del 8.5% en la estabilidad.

Tanto la mejora de la estabilidad como del flujo, puede atribuirse a que la fibra de vidrio proporcionó una mejor distribución de esfuerzos y una mayor cohesión interna entre los agregados. La fibra de vidrio es un material usado en muchos ámbitos como la construcción y la arquitectura, industria automotriz o fabricación de objetos que usamos de manera cotidiana; esto por su versatilidad al combinar ligereza, resistencia mecánica y resistencia química, estas características influyeron en la mejora de la mezcla en frío. Las fibras de vidrio actuaron como un refuerzo entre los agregados, limitando la movilidad de estos bajo carga y distribuyendo mejor los esfuerzos dentro de la mezcla, como resultado se redujo las deformaciones y otorgó mayor estabilidad. Además, la fibra, al ser un material que no absorbe agua, no afectó a la dosificación, trabajabilidad y compactación de las briquetas.

- Comparación con otras investigaciones

En investigaciones extranjeras como las de Lara y Suquillo (2024) se trató de mejorar una mezcla asfáltica en frío mediante la inclusión de agregado reciclado y fibra de vidrio, la mezcla tenía como ligante asfalto diluido RC-250 y se logró mejorar la estabilidad de 1800 lb (816.5 kg) a 1986.15 lb (900.9 kg) con 2.78% de RC-250 y 0.5 % de fibra de vidrio; de igual forma, en la presente investigación se mejoró la estabilidad de 1613.3 kg a 1861.7 kg para un porcentaje de fibra de vidrio de 0.1%, la única diferencia fue el ligante asfáltico usado el cual

fue emulsión y tuvo un valor óptimo de 7.4%. Por otro lado, Bonilla (2024) en su estudio para examinar una mezcla asfáltica en caliente con adición de fibra de vidrio encontró que la estabilidad se redujo un 11.05% para un porcentaje de fibra de 5%, el cual fue el mejor resultado, esto pudo deberse a que se usó porcentajes de 5, 7.5, 10, 15 y 25%, los cuales son cantidades considerables de fibra que pudieron afectar la mezcla; en la investigación actual se encontró que con 0.1 y 0.2% de fibra mejoraba la estabilidad, pero al llegar a 0.3% la estabilidad comenzaba a descender. En la práctica, mientras se realizaban los ensayos de las briquetas, se pudo observar que cantidades de fibra mayores de 0.5% comenzaban a tener un volumen excesivo pudiendo llegar a afectar la trabajabilidad y adherencia de los agregados.

La investigación de Eguino y Miranda (2023) se centró en elaborar un micropavimento con emulsión al que se incorporó fibra de vidrio, el objetivo fue evitar el agrietamiento y aumentar la cohesividad a la superficie de apoyo, obtuvieron valores óptimos de fibra de 0.13 y 0.19%; aunque la presente investigación estuvo enfocada en hacer mezclas en frío para carpetas asfálticas o reparación de baches y no para micropavimentos, se puede ver que las cantidades de fibra de vidrio óptimas de ambos estudios son más coincidentes ya que en esta se obtuvo 0.1% de fibra como mejor valor; además, otro aspecto en común, es que ambas mezclas fueron hechas en frío con emulsión asfáltica.

También se hicieron estudios de mezcla en frío con la incorporación de otros aditivos como la de Rodríguez y Sandoval (2022) en la que añadieron cemento de alta resistencia a su mezcla asfáltica con emulsión, la cantidad óptima de emulsión fue de 7% y al incorporarle varias cantidades de cemento hallaron que la mejor era 10%, esta cantidad de cemento dio valores de estabilidad y flujo de 15.07 kN (1536.71 kg) y 3.94 mm respectivamente, en comparación con la investigación actual, los resultados son similares, la emulsión óptima fue 7.4% y la estabilidad y flujo fue 1861.7 kg y 4.25 mm respectivamente. Por otro parte, Quimbita (2023) en su investigación de mezclas en frío no llegó a mejorar la estabilidad y el

flujo usando porcentajes de 3, 6, 9, 12 y 15% de adición de caucho ya que los valores obtenidos no superaban a la mezcla original sin caucho, esto hace que sus resultados no coincidan con los obtenidos en esta investigación.

En investigaciones nacionales, García (2023) combinó mezcla asfáltica en caliente con fibra de vidrio para evaluar la viscosidad, densidad, porcentaje de vacíos y estabilidad; concluyó que 4% de fibra produce mejores resultados en la mezcla. Ponce (2021) también usó fibra de vidrio como aditivo para una mezcla asfáltica en caliente, los mejores resultados obtenidos fueron al añadir 3% de fibra de vidrio, obtuvo una estabilidad de 1122 kg y un flujo de 3.43 mm. Comparando estos resultados con la actual investigación, se puede observar que, a pesar de que los tipos de mezcla sean distintos, una en caliente y otra en frío, la adición de fibra de vidrio en ambas mezclas puede mejorar la estabilidad y el flujo. La diferencia esta en la cantidad de fibra usada, para mezclas en caliente se necesitó 3% y 4% de fibra, en cambio, para la mezcla en frío de esta investigación solo fue necesario 0.1%; estas cantidades son considerablemente diferentes.

En cuanto a investigaciones de mezclas asfálticas en frío, Gavino (2022) en su estudio de mezcla en frío agregó poliestireno expandido para conocer la variación de la resistencia mecánica, encontró que la estabilidad de la mezcla convencional fue de 929 kg y aumentó a 1471 kg al agregarle 0.01% de poliestireno, el flujo de la mezcla convencional fue 10.1 mm y disminuyó a 7.2 mm para la misma cantidad de poliestireno; ambas propiedades mejoraron al agregarle dicho material. En la presente investigación también se lograron resultados positivos en la estabilidad y flujo al añadir fibra de vidrio, la diferencia estuvo en que la fibra de vidrio óptima fue de 0.1% y el poliestireno expandido óptimo fue de 0.01%, estas cantidades son muy diferentes y puede deberse a que el poliestireno tiene mucho más volumen por lo que se requirió menor cantidad. Paitán y Rojas (2023) estudiaron el efecto de adicionar polvo de sílice en una mezcla asfáltica en frío, concluyeron que el polvo de sílice reduce la estabilidad de la mezcla

en 8.83% pero mejora el flujo reduciéndolo un 45.6%; por otra parte, Rodríguez (2023), en su investigación de mezcla en frío con fibras de polietileno determinó que el óptimo de fibra para mejorar la estabilidad y el flujo fue de 0.5%, similar a la cantidad óptima encontrada en esta investigación la cual fue de 0.1%.

- Limitaciones

Un punto importante es la falta de parámetros para el flujo y la relación estabilidad/flujo en el diseño de mezcla en frío, esto limita tener un mayor control de los resultados del diseño, cantidades muy bajas o muy elevadas de la relación E/F no implican que la mezcla vaya a tener el mejor comportamiento, es necesario que este valor sea equilibrado y eso solo se puede evaluar con parámetros. La norma EG-2013 establece límites de la relación E/F para mezclas asfálticas en caliente cuyo valor es 1700 – 4000 kg/cm, si comparamos con los resultados obtenidos, para 1861.7 kg de estabilidad y 4.25 mm de flujo tendríamos una relación E/F de 4380 kg/cm, este valor sobrepasa un poco el límite dado para mezcla en caliente, con este resultado podríamos decir que la mezcla llegaría a tener un comportamiento rígido; pero, cabe mencionar que los parámetros para mezclas en caliente suelen ser más exigentes en comparación con los de mezclas en frío.

A parte de la estabilidad y el flujo existen otras propiedades mecánicas como el módulo resiliente, fatiga, etc; las cuales no fueron objeto de esta investigación, por lo que agregarle fibra de vidrio a la mezcla no garantiza que estas propiedades den resultados positivos como con la estabilidad y flujo, se tendrían que hacer otros estudios para comprobarlo y tener una perspectiva más completa del uso de la fibra de vidrio como aditivo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se acepta la hipótesis planteada debido a que los resultados de la investigación demuestran que al incorporar fibra de vidrio mejoran las propiedades mecánicas (estabilidad y flujo) de la mezcla asfáltica en frío para la zona de estudio.
- El diseño de la mezcla asfáltica en frío convencional, del tipo densa y con emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS-1H), dio los siguientes valores: 48.0% de grava y 52.0% de arena como proporción de los agregados; 7.4% de emulsión asfáltica y 3.6% de agua, ambos valores medidos en base al peso del agregado combinado seco.
- Se planteó probar la sustitución de diferentes porcentajes de fibra de vidrio por una parte del agregado fino en la mezcla asfáltica en frío convencional, al final se usó 0.1%, 0.2% y 0.3% de fibra de vidrio.
- La incorporación de 0.1% de fibra de vidrio, al sustituirla por parte del agregado fino, fue la que dio mejores resultados en la mezcla modificada. Para un mismo flujo de 4.25 mm, la estabilidad de la mezcla convencional fue de 1613.3 kg y de la mezcla modificada con fibra fue de 1750.7 kg, esto representa un aumento del 8.5% en el valor de la estabilidad al incorporar fibra de vidrio.

5.2. Recomendaciones

- Esta investigación solo se enfocó en estudiar la estabilidad y flujo como propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en frío, pero existen más que pueden ser objeto de estudio para futuras investigaciones, con eso se podría tener una visión más completa del uso de fibra de vidrio como aditivo en este tipo de mezcla asfáltica.
- Para los nuevos investigadores, probar diferentes tipos de agregados, de diferentes canteras, para realizar el diseño de mezcla y combinarlo con fibra de vidrio, agregados diferentes pueden interactuar de diferente manera con la emulsión asfáltica y con la fibra dando otro tipo de resultados.
- Para futuras investigaciones, probar más porcentajes de fibra de vidrio con el mayor número de briquetas posible para reducir el error; también, considerar agregar la fibra en diferentes tamaños, la fibra comercial generalmente viene cortada en hilos de 5 cm, se puede probar tamaños más cortos o más largos y ver cómo reacciona con la mezcla.
- La mezcla asfáltica en frío con emulsión es un material muy infravalorado y poco investigado en nuestro país, por lo que merece la pena estudiarlo agregándole otro tipo de fibras u otros materiales que pueden darle un mejor desempeño, así como, explorar la incorporación de agregados o aditivos reciclados, con el fin de optimizar costos y promover prácticas sostenibles en la construcción vial.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. Referencias Bibliográficas

- American Society for Testing and Materials. (2022). *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures* (ASTM D6927-22) [Método de prueba estándar para estabilidad Marshall y flujo de mezclas de asfalto]. <https://store.astm.org/d6927-22.html>
- Aranguri Linares, J. J. y Valverde Villacorta, H. A. (2018). *Análisis comparativo del comportamiento estructural de mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas emulsionadas en los pavimentos* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego.
- Asphalt Institute. (1986). *Manual del asfalto* (Trad. M. Velázquez). Urmo Ediciones.
- Asphalt Institute. (1997). *Asphalt Cold Mix Manual (MS-14)* [Manual de mezcla asfáltica en frío (MS-14)]. <https://www.asphaltinstitute.org/>
- Asphalt Institute. (2008). *Basic Asphalt Emulsion Manual (MS-19)* [Manual Básico de Emulsión Asfáltica (MS-19)]. <https://www.asphaltinstitute.org/>
- Bonilla Bravo, E. N. (2024). *Análisis del comportamiento del hormigón asfáltico mezclado con fibra de vidrio, utilizando el ensayo Marshall* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato.
- Bulla García, Y. A., Rodríguez Álvarez, A. T. y Higuera Sandoval, C. H. (2017). Análisis comparativo de una mezcla densa en caliente MDC-19 y una mezcla densa en frío MDF-19. *Ingenio Magno*, 8(1), 20-42.
- Campbell, D. T. y Stanley, J. C. (1966). *Experimental and quasi-experimental designs for research* [Diseños experimentales y cuasi-experimentales para la investigación]. Rand McNally & Company.

Del Río Merino, M. (1999). *Elaboración y aplicaciones constructivas de paneles prefabricados de escayola aligerada y reforzada con fibras de vidrio E y otros aditivos* [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica De Madrid]. Archivo Digital UPM.

Eguino Lima, J. L. y Miranda Choque, I. (2023). *Diseño de micropavimento con fibra de vidrio para mantenimiento vial* [Proyecto de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés.

Gallardo de Parada, Y. y Moreno Garzón, A. (1999). Módulo 3: Recolección de la información. En Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (Ed.), *Serie: Aprender a investigar*. (3^a ed.). Arfo Editores.

García Jibaja, D. E. (2023). *Propiedades físicas y mecánicas en mezclas de asfalto en caliente incorporando fibra de vidrio, Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.

Gavino Galdós, H. (2022). *Resistencia mecánica de mezcla asfálticas en frío con adición de poliestireno expandido, Huancayo, Junín, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Los Andes.

Gonzales, P. (27 de setiembre de 2023). *¿Qué es mejor asfalto en caliente o el asfalto en frío?*. Avanasfalto. <https://www.avanasfalto.pe/post/qu%C3%A9-es-mejor-asfalto-en-caliente-o-el-asfalto-en-fr%C3%ADo>

Guevara Palma, M., Méndez Delgado, H. y Pimentel Gómez, J. (2010). *Diseño de mezclas asfálticas densas en frío basado en el Método Marshall Modificado de la Universidad De Illinois* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (6^a ed.). McGraw-Hill.

Huamán Quispe, A. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Irving Valladares, J. L. (2010). *Evaluación de composites de cemento-fibra de vidrio* [Trabajo de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3145_C.pdf

Lara Vasconez, F. S. y Suquillo Hoyos, A. B. (2024). *Estudio de una mezcla asfáltica en frío con material reciclado e incorporando fibras de vidrio para actividades de mantenimiento vial en el Distrito Metropolitano de Quito* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana.

López Prieto, C. P. (2012). *Estado de la práctica de las mezclas asfálticas en frío para capas estructurales usando materiales nuevos* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad de los Andes.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de ensayo de materiales*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/4442276-18-2016-mtc-14>

Namaa, M., Qasim, Z. y Ibrahim, K. (2021). *Study of the Properties of Open Graded Asphalt Mixtures With the addition of SBS* [Estudio de las propiedades de mezclas asfálticas de granulometría abierta con adición de SBS]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1090/1/012002/meta>

Paitán Iparraguirre, M. I. y Rojas Quijano, A. A. (2023). *Influencia del polvo de sílice en la mezcla asfáltica en frío de la cantera Pachacayo y San Lorenzo Huancayo-2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.

Ponce Quispe, A. J. (2021). *Aplicación de fibras de vidrio en el diseño de mezcla asfáltica en caliente para rehabilitar pavimentos flexibles en Juliaca, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo.

Quimbita Loma, E. G. (2023). *Evaluación del efecto de la adición de caucho vulcanizado triturado en mezclas asfálticas en frío* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato.

Ramos García, B. L. y Muñiz Pérez, C. I. (2013). *Propuesta de diseño de mezcla asfáltica en frío de graduación densa como alternativa para el mantenimiento de pavimentos flexibles* [Tesis de pregrado, Universidad Centroamericana].
<https://es.scribd.com/document/657778851/Diseno-de-Mezclas-Asfalticas-en-Frio>

Rodríguez Cardozo, J. X. y Sandoval Chaparro, M. E. (2022). *Estudio de una mezcla asfáltica fría con adición de cemento* [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia].
Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Colombia.

Rodríguez Oré, E. (2023). *Evaluación En Fibras De Polietileno Botellas De Plástico Reciclado En La Estabilidad Y Fluencia En Mezcla Asfáltica En Frio – 2022* [Trabajo de Grado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Los Andes.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico

7. Anexos

7.1. Anexo 1: Panel Fotográfico

Fotografía 1. Recolección de agregado grueso de la cantera “Pucarragá” en Sihuas.



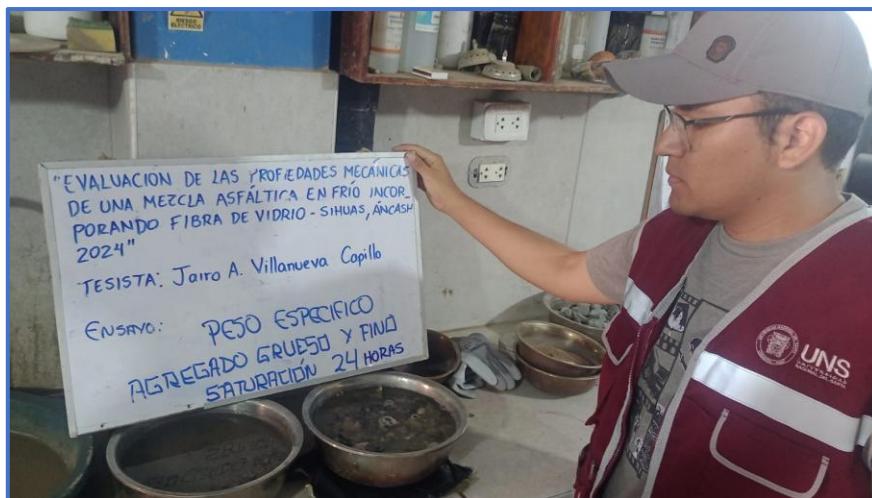
Fotografía 2. Recolección de agregado fino de la cantera “Pucarragá” en Sihuas.



Fotografía 3. Análisis granulométrico de los agregados



Fotografía 4. Saturación de los agregados para gravedad específica y absorción.



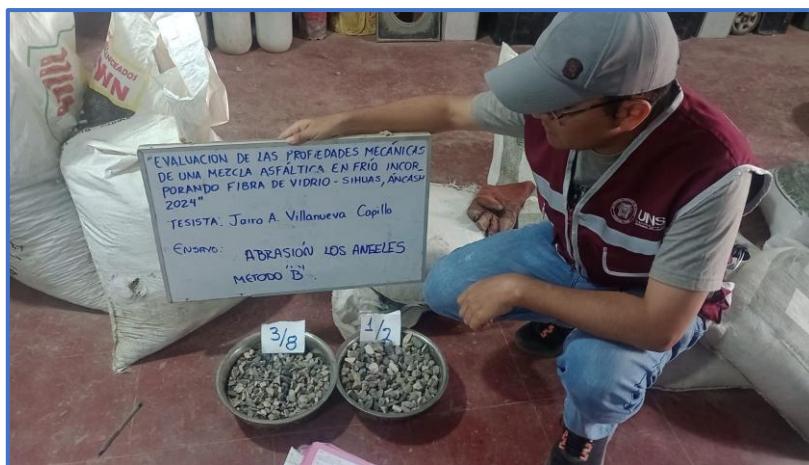
Fotografía 5. Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino.



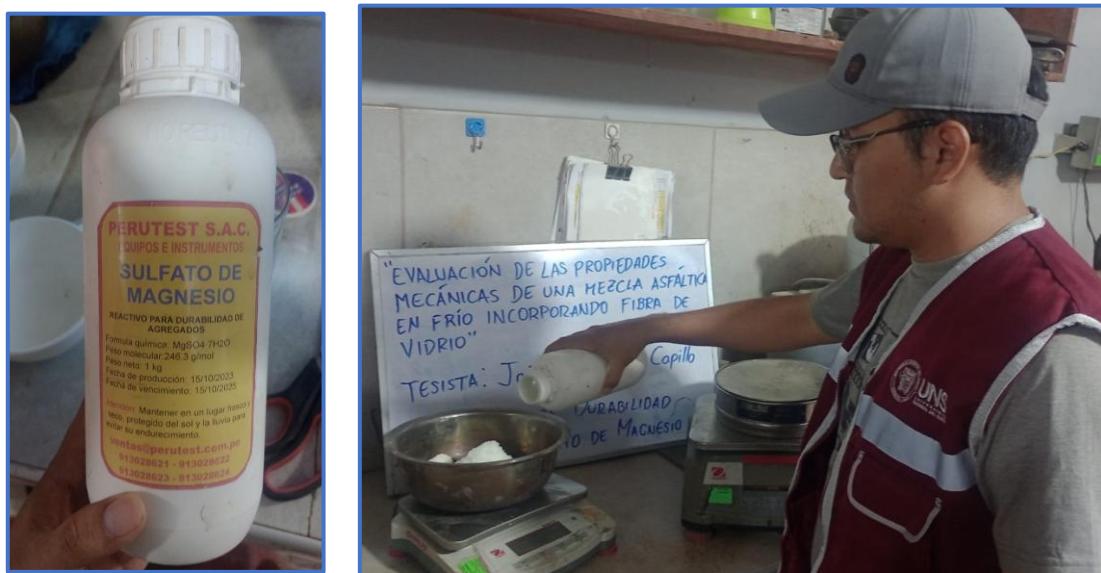
Fotografía 6. *Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.*



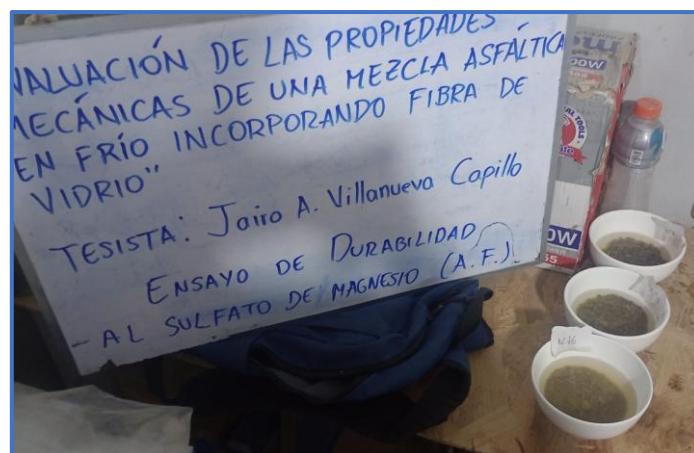
Fotografía 7. *Ensayo de abrasión Los Ángeles.*



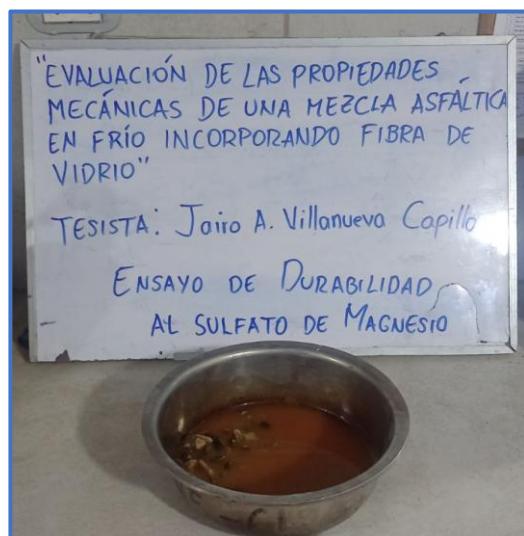
Fotografía 8. *Sulfato de magnesio para ensayo de durabilidad.*



Fotografía 9. *Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino.*



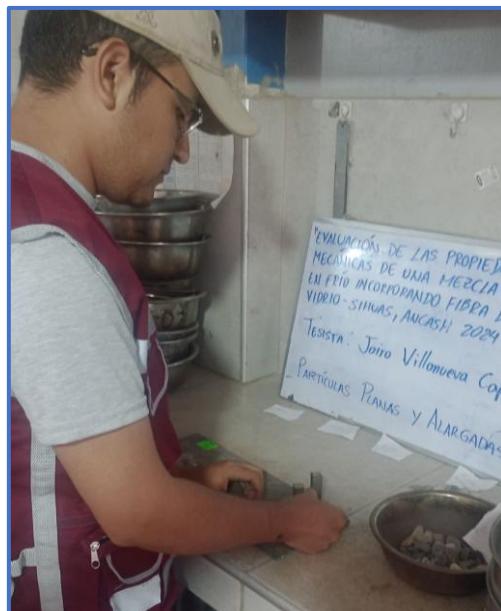
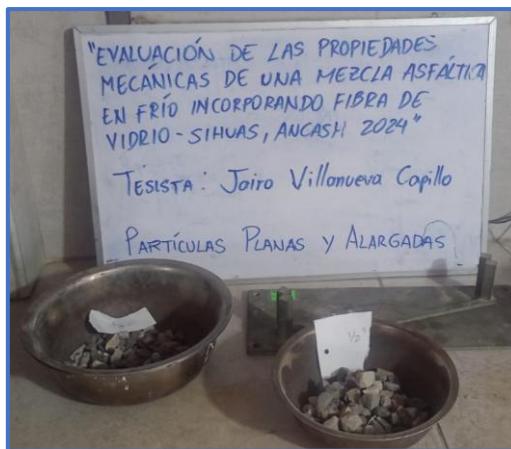
Fotografía 10. *Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso.*



Fotografía 11. *Ensayo de angularidad.*



Fotografía 12. *Ensayo de partículas planas y alargadas.*



Fotografía 13. *Ensayo de equivalente de arena.*



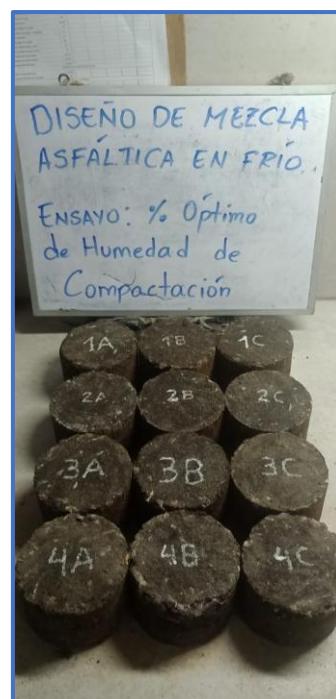
Fotografía 14. *Agua y emulsión asfáltica para el ensayo de recubrimiento del agregado.*



Fotografía 15. *Ensayo de recubrimiento del agregado con emulsión asfáltica.*



Fotografía 16. *Elaboración de briquetas para el % óptimo de humedad de compactación.*



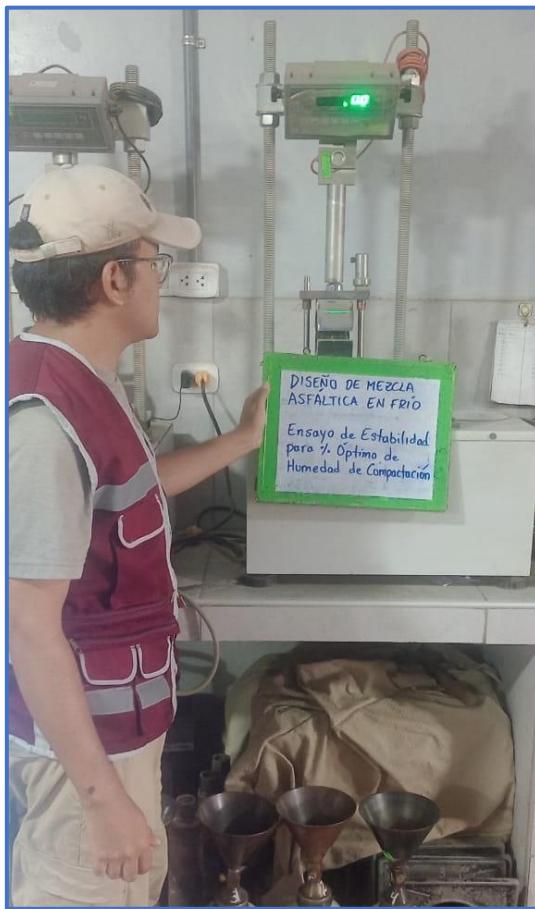
Fotografía 17. Saturación de briquetas para ensayo de gravedad específica.



Fotografía 18. Peso al aire, SSS y sumergido de briquetas para gravedad específica bulk.



Fotografía 19. *Ensayo de estabilidad para % óptimo de humedad de compactación.*



Fotografía 20. *Elaboración de mezcla para determinar el % óptimo de asfalto residual.*



Fotografía 21. Elaboración de briquetas para determinar el % óptimo de asfalto residual.



Fotografía 22. Briquetas con 2.7, 3.7, 4.7, 5.7 y 6.7% de asfalto residual.



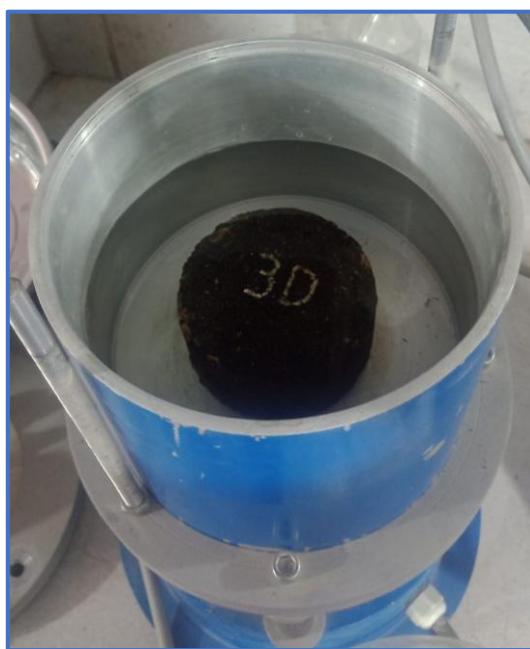
Fotografía 23. Gravedad específica bulk para determinar el % óptimo de asfalto residual.



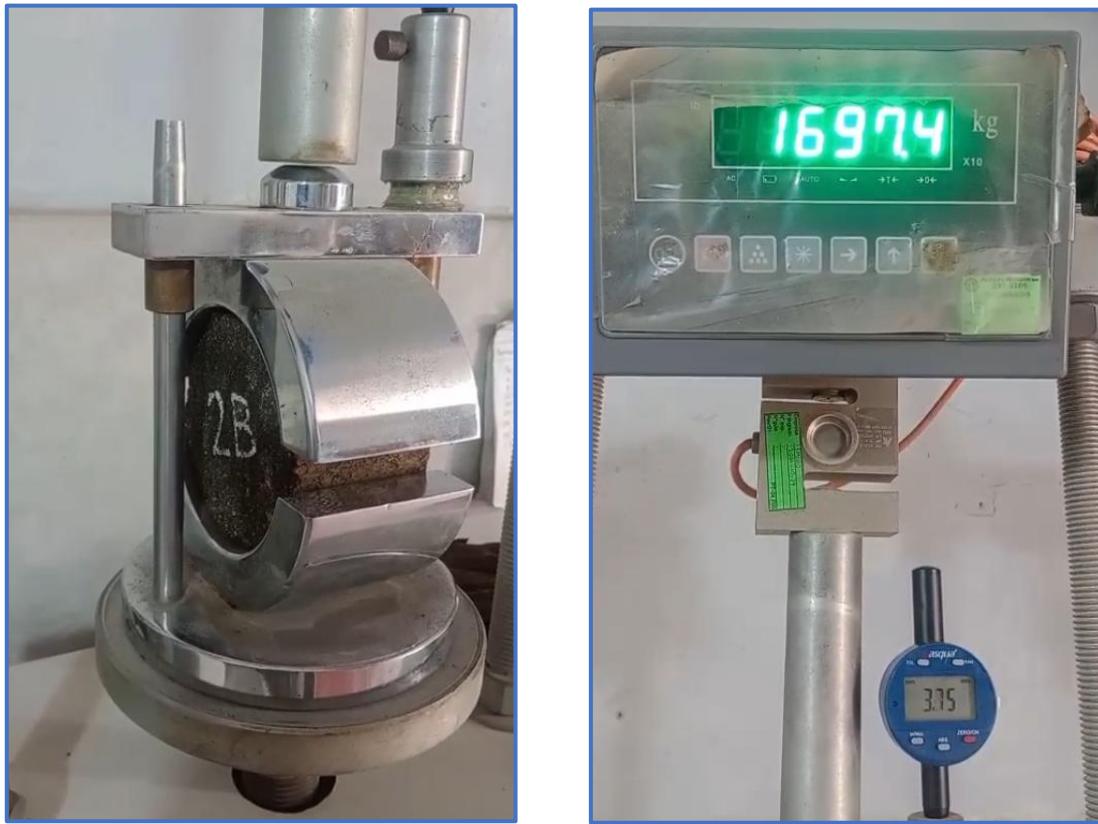
Fotografía 24. *Máquina de succión de vacíos.*



Fotografía 25. *Inmersión y saturación al vacío de briquetas a una presión de 100 mm de Hg (3.9 in de Hg).*



Fotografía 26. *Ensayo de estabilidad y flujo para determinar el % óptimo de asfalto residual.*



Fotografía 27. *Secado de la briqueta ensayada para hallar el contenido de humedad.*



Fotografía 28. *Fibra de vidrio.*



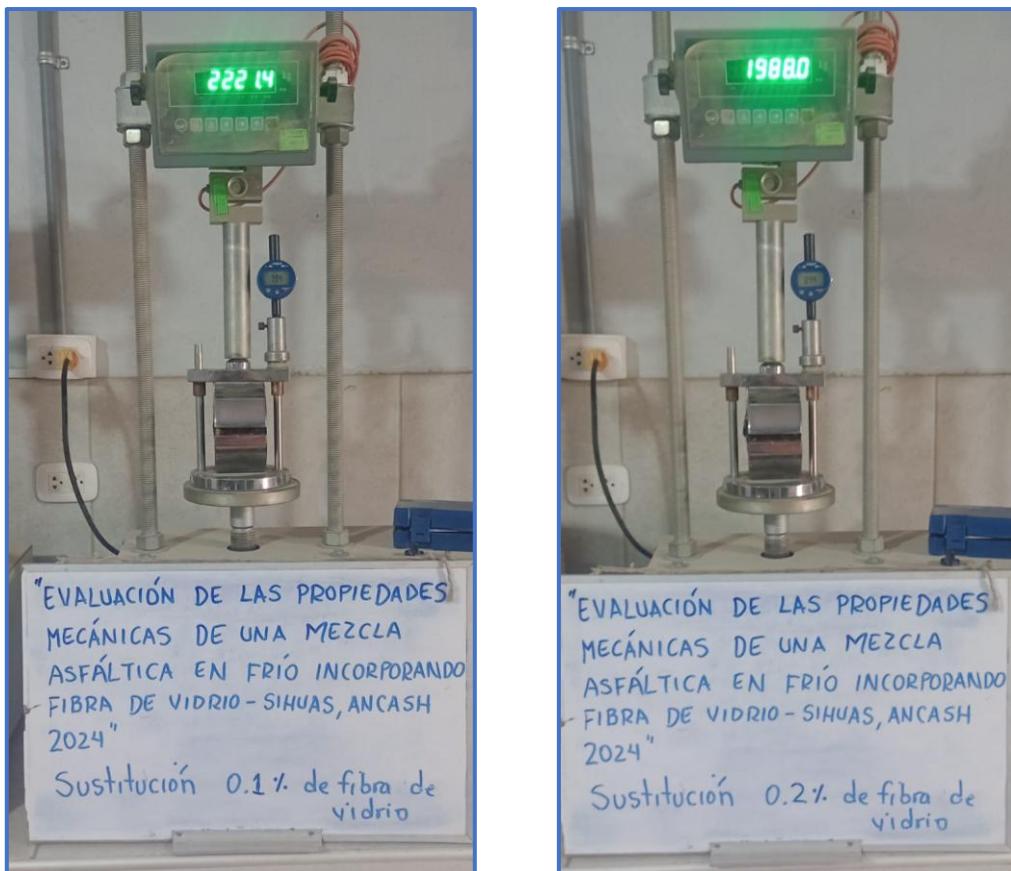
Fotografía 29. *Inclusión de fibra de vidrio a la mezcla en frío.*

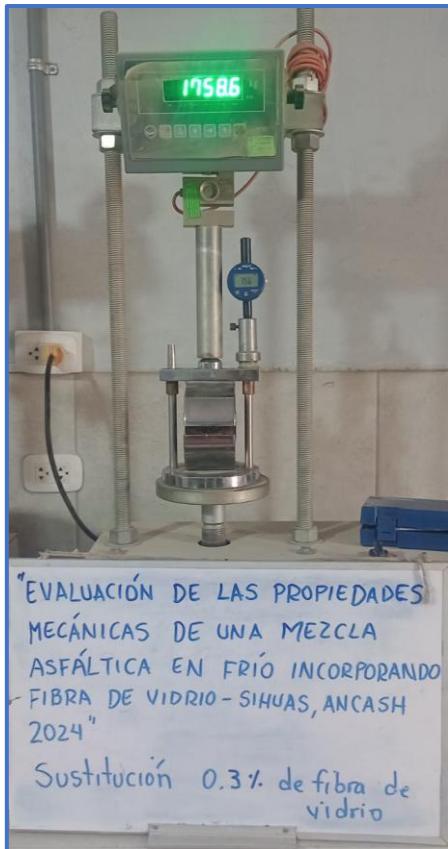


Fotografía 30. Briquetas con 0.1% de incorporación de fibra de vidrio.



Fotografía 31. Ensayo de estabilidad y flujo de briquetas con fibra de vidrio.





Fotografía 32. Briquetas con 0.1% de fibra de vidrio para prueba de hipótesis.



Anexo 2: Ensayos de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

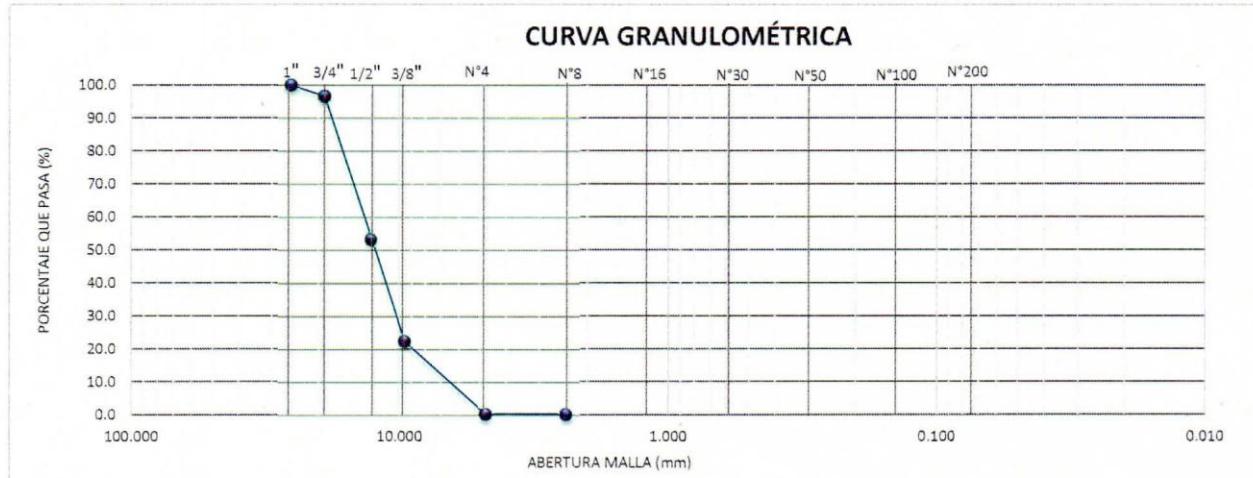
MTC E 204 (ASTM C136/C136M-19)

Material: Agregado grueso

Cantera: Pucarragá

TAMÍZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. mm	Peso (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
1"	25.400	-	-	-	100.0
3/4"	19.050	110.7	3.5	3.5	96.5
1/2"	12.700	1375.4	43.2	46.7	53.3
3/8"	9.525	985.8	31.0	77.7	22.3
N° 4	4.760	703.2	22.1	99.8	0.2
N° 8	2.380	3.1	0.1	99.9	0.1
FONDO	-	3.9	0.1	100.0	

Cálculos	
Peso de Tara	194.3 g
Tara + muestra Humeda	3,385.7 g
Tara + muestra Seca	3,376.4 g
Contenido de Humedad (%)	0.29
Muestra Seca	3,182.1 g
Proporciones Agregados	
Agregado Grueso.	99.8 %
Agregado Fino.	0.1 %
Fino Malla 200.	0.1 %





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

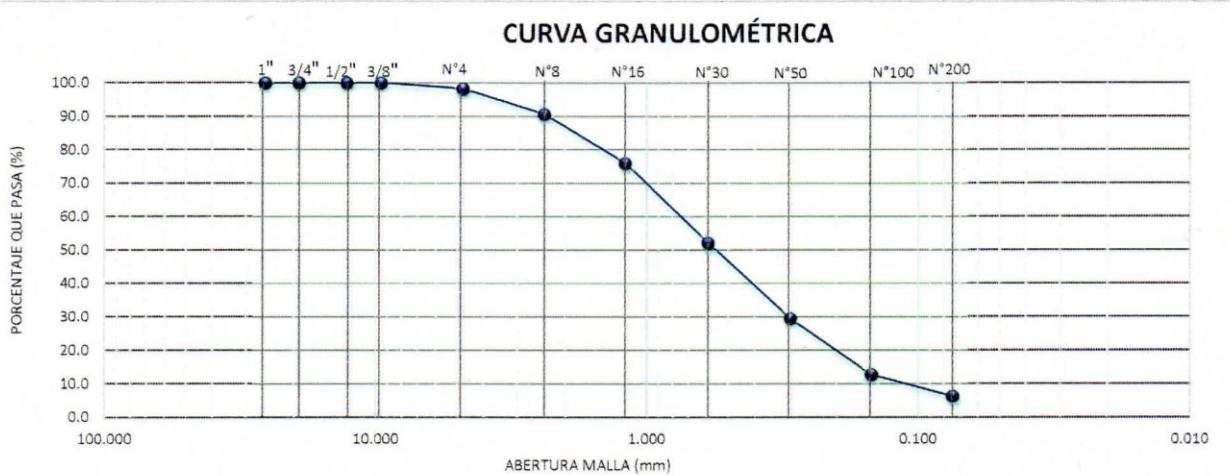
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
MTC E 204 (ASTM C136/C136M-19)

Material: Agregado fino

Cantera: Pucarragá

TAMIZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. mm	Peso (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
1"	25.400	-	-	-	100.0
3/4"	19.050	-	-	-	100.0
1/2"	12.700	-	-	-	100.0
3/8"	9.525	-	-	-	100.0
Nº 4	4.760	10.7	1.9	1.9	98.1
Nº 8	2.380	43.2	7.5	9.4	90.6
Nº 16	1.190	84.9	14.8	24.2	75.8
Nº 30	0.590	137.2	23.9	48.0	52.0
Nº 50	0.297	128.9	22.4	70.5	29.5
Nº 100	0.149	97.4	16.9	87.4	12.6
Nº 200	0.074	36.9	6.4	93.8	6.2
FONDO	-	35.5	6.2	100.0	

Cálculos	
Peso de Tara	153.40 g
Tara + muestra Humeda	731.90 g
Tara + muestra Seca	728.10 g
Contenido de Humedad (%)	0.66 g
Muestra Seca	574.70 g
Proporciones Agregados	
Agregado Grueso.	1.9 %
Agregado Fino.	92.0 %
Fino Malla 200.	6.2 %





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Enero 2025

DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

MTC E 206 (ASTM C127-24)

Cantera: Pucarragá

Material: Piedra chancada

ITEM	DATOS / N° DE PRUEBA	1	2
A	Masa de la muestra seca en el horno (g)	1975.0	2493.0
B	Masa de la muestra al aire SSD (g)	2000.0	2519.0
C	Masa de la muestra sumergida (g)	1242.0	1558.0

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
Densidad Relativa (Gravedad específica OD)	2.61	2.59	2.60
Densidad Relativa (Gravedad específica SSD)	2.64	2.62	2.63
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)	2.69	2.67	2.68
Absorción (%)	1.3	1.0	1.2





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Enero 2025

DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO
MTC E 205 (ASTM C128-22)

Cantera: Pucarragá

Material: Arena triturada

ITEM	DATOS DE ENSAYO / N° DE PRUEBA	1	2	
A	Masa secada al horno (OD) (g)	496.7	497.0	
B	Masa de la fiola con agua hasta la marca (g)	702.3	702.2	
C	Masa de la fiola con agua + muestra sss (g)	1017.7	1018.0	
S	Masa saturada con superficie seca (SSD) (g)	500.0	500.0	PROMEDIO
Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)		2.69	2.70	2.69
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)		2.71	2.71	2.71
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)		2.74	2.74	2.74
% Absorción		0.7	0.6	0.6





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Enero 2025

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Cantera: Pucarragá

Material: Grava y arena combinada

	GRAVA	ARENA	COMBINACIÓN GRAVA/ARENA
Proporción de agregado (%)	48.0	52.0	
Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	2.60	2.69	2.65
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	2.63	2.71	2.67
Densidad Relativa Aparente (Gravedad específica)	2.68	2.74	2.71
% Absorción	1.2	0.6	0.9

OBSERVACIÓN: Se usará la gravedad específica aparente de la combinación de agregados como dato para el diseño de mezcla asfáltica en frío





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

ABRASIÓN LOS ANGELES
MTC E 207 (ASTM C131/C131M-20)

Material: Piedra chancada

Gradación: B

Nº de revoluciones: 500

Cantera: Pucarragá

Nº de esferas: 11

TMN: 1/2 pulg

Peso inicial	gr.	5000.0
Peso final retenido en el tamiz N°12	gr.	3842.1
Pérdida por abrasión e impacto	%	23





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO

MTC E 210 (ASTM D5821-13)

Material: Piedra chancada

Cantera: Pucarragá

A) CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso de la muestra (g)	Peso del material con caras fracturadas (g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D/100
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	295.7	295.7	100.0	58.6	58.6
1/2"	3/8"	209.1	209.1	100.0	41.4	41.4
TOTAL		504.8	504.8			
						100.0 %

B) CON DOS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso de la muestra (g)	Peso del material con caras fracturadas (g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D/100
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	295.7	286.5	96.9	58.6	56.8
1/2"	3/8"	209.1	199.3	95.3	41.4	39.5
TOTAL		504.8	485.8			
						96.2 %





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO MTC E 222 (ASTM C1252-23)

Material: Agregado fino

Cantera: Pucarragá

ENSAYO	Und.	1	2	3	Angularidad
Peso del agregado fino + cilindro	gr.	217.1	216.7	216.0	Fórmula: $\frac{V - \frac{W}{G_{sb}}}{V} \times 100$
Peso del cilindro	gr.	75.8	75.8	75.8	
Peso del agregado fino (W)	gr.	141.3	140.9	140.2	
Volumen del cilindro (V)	cm ³	95.3	95.3	95.3	
Gravedad específica del agregado fino (G _{sb})	-	2.69	2.69	2.69	
Vacíos no compactados	%	44.9	45.0	45.3	
Promedio	%	45.1			





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
MTC E 223 (ASTM D4791-19)

Material: Piedra chancada

Cantera: Pucarragá

Relación dimensional: 5:1

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			Peso de 100 partículas	Peso de partículas chatas (gr)	Peso de partículas alargadas (gr)	CHATAS Y ALARGADAS (5:1)		
		Gradación original		Peso (gr)				Σ	%	% Corregido
Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	Peso (gr)	Retiene (%)							
1"	25.400									
3/4"	19.050	29.4	1.2							
1/2"	12.700	969.9	38.9	599.4	-	5.8	-	5.8	1.0	
3/8"	8.750	897.3	36.0	285.1	3.6	-	-	3.6	1.3	
N°04	4.760	595.2	23.9						0.5	
Peso total de la muestra		2491.8								

Partículas chatas y alargadas	0.8	%
-------------------------------	-----	---





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 (ASTM D2419-22)

Material: Arena triturada

Nº de oscilaciones: 90 ciclos

Cantera: Pucarragá

Método: Agitación manual

Nº DE PRUEBA	1	2	3
Saturacion inicial h.	10:43 a. m.	10:45 a. m.	10:47 a. m.
Saturación final h.	10:53 a. m.	10:55 a. m.	10:57 a. m.
Prueba de ensayo inicial h.	10:55 a. m.	10:57 a. m.	10:59 a. m.
Prueba de ensayo final h.	11:15 a. m.	11:17 a. m.	11:19 a. m.
Lectura superior de finos pulg.	4.7	4.7	4.9
Lectura superior de arena pulg.	3.0	3.2	3.2
Equivalente de arena %	64	69	66
Equivalente de arena promedio %	66		





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO O SULFATO MAGNESIO

MTC E 209 (ASTM C88/C88M-24)

Material: Agregado grueso

Tipo de solución: Sulfato de magnesio

Ciclos: 5

Cantera: Pucarragá

Tiempo de inmersión: 16 a 18 h/ciclo

Nº	Tamaño	Peso requerido (gr)	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Pérdida de peso (gr)	Pérdida de peso (%)	Gradación original (%)	Pérdida corregida (%)
1	2 1/2" a 1 1/2"	5000 ± 300						
	2 1/2" a 2"	3000 ± 300						
	2" a 1 1/2"	2000 ± 200						
2	1 1/2" a 3/4"	1500 ± 50						
	1 1/2" a 1"	1000 ± 50						
	1" a 3/4"	500 ± 30						
3	3/4" a 3/8"	1000 ± 10						
	3/4" a 1/2"	670 ± 10	675.1	673.7	1.4	0.2	43.2	0.1
	1/2" a 3/8"	330 ± 5	335.0	332.5	2.5	0.7	31.0	0.2
4	3/8" a N°4	300 ± 5	300.2	295.4	4.8	1.6	22.1	0.4
								Total de desgaste 0.7


Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 NO. DE MERCADO CIVIL
 D.N.C. N° 010-20227
 



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Diciembre 2024

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO O SULFATO MAGNESIO

MTC E 209 (ASTM C88/C88M-24)

Material: Agregado fino

Tipo de solución: Sulfato de magnesio

Ciclos: 5

Cantera: Pucarragá

Tiempo de inmersión: 16 a 18 h/ciclo

Tamaño	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Pérdida de peso (gr)	Pérdida de peso (%)	Gradación original (%)	Pérdida corregida (%)
3/8 a N°4	100.3	85.9	14.4	14.4	1.9	0.3
N°4 a N°8	100.3	88.3	12.0	12.0	7.5	0.9
N°8 a N°16	100.2	93.6	6.6	6.6	14.8	1.0
N°16 a N°30	100.0	95.3	4.7	4.7	23.9	1.1
N°30 a N°50	100.2	94.1	6.1	6.1	22.4	1.4
N°50 a N°100	-	-	-	-	16.9	-
Menos de N°100	-	-	-	-	12.6	-
Total de desgaste						4.6


KAE Ingeniería
 Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024
AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto
FECHA : Febrero 2025

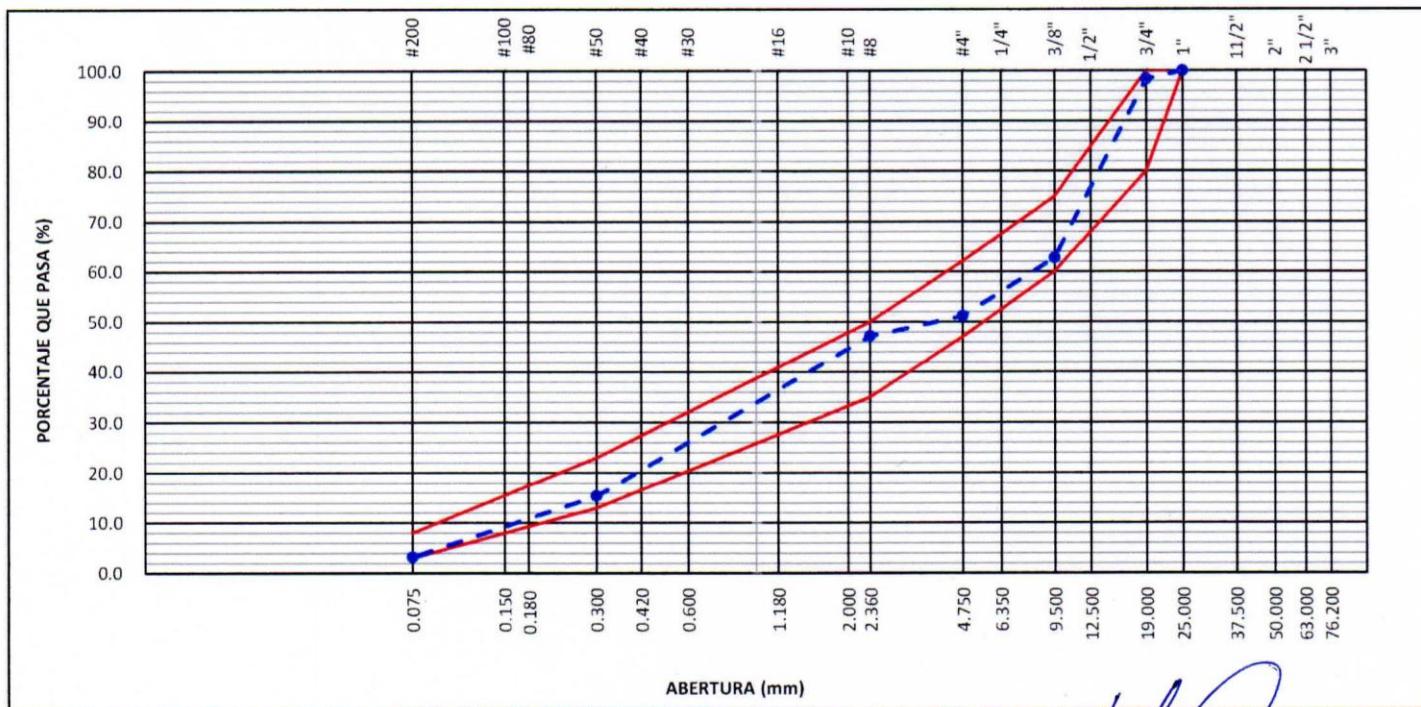
DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

GRADACIÓN PARA MEZCLA DENSA EN FRÍO

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º03	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN MDF - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Arena					
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100.0	100.0			100.0	100	100
3/4"	19.000	96.5	100.0			98.3	80	100
1/2"	12.500	53.3	100.0			77.6		
3/8"	9.500	22.3	100.0			62.7	60	75
1/4"	6.350							
# 4	4.750	0.2	98.1			51.1	47	62
# 8	2.360	0.1	90.6			47.2	35	50
# 10	2.000							
# 16	1.180		75.8			39.4		
# 30	0.600		52.0			27.0		
# 40	0.420							
# 50	0.300		29.5			15.4	13	23
# 80	0.180					6.6		
# 100	0.150		12.6			3.2	3	8
# 200	0.075		6.2					
>200								
MEZCLA								
Prueba N.º01	48.0%	52.0%	0.0%	0.0%	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Febrero 2025

**DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO**

PORCENTAJE TEÓRICO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

TAMIZ	ABERTURA	% PASANTE	ESPECIFICACIÓN MDF - 2		FÓRMULA SEGÚN MS-14
ASTM	mm				
3"	76.200				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000	100.0	100	100	
3/4"	19.000	98.3	80	100	
1/2"	12.500	77.6			
3/8"	9.500	62.7	60	75	
1/4"	6.350				
# 4	4.750	51.1	47	62	
# 8	2.360	47.2	35	50	
# 10	2.000				
# 16	1.180	39.4			
# 30	0.600	27.0			
# 40	0.420				
# 50	0.300	15.4	13	23	
# 80	0.180				
# 100	0.150	6.6			
# 200	0.075	3.2	3	8	
>200					

$$E = (0.05A + 0.1B + 0.5C) \times 0.7$$

E: % óptimo teórico de emulsión asfáltica
A: % retenido en N°8 (100 - N°8)
B: % que pasa N°8 y es retenido en N°200 (N°8 - N°200)
C: % que pasa N°200

DATOS:

A = 52.8
B = 44.0
C = 3.2
E = 6.1 %


Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Febrero 2025

DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

ENSAYO DE RECUBRIMIENTO O COBERTURA

TIPO DE EMULSIÓN		CSS-1H
(A) RESIDUO ASFÁLTICO DE LA EMULSIÓN (%)		60.5
(B) PESO DEL AGREGADO SECO (g)		1100.0
HUMEDAD DEL AGREGADO COMBINADO (%)		0.6
(C) PESO DEL AGREGADO SECO AL AIRE (g)		1106.1
PORCENTAJE TEÓRICO DEL ASF. RES. (%)		3.7
(D) PESO DEL ASF. RES. TEÓRICO (g)		40.3
PORCENTAJE TEÓRICO DE LA EMULSIÓN (%)		6.1
PESO DE LA EMULSIÓN TEÓRICO (g)		66.6
PORCENTAJE DE AGUA EN LA EMULSIÓN (%)		2.4
PESO DEL AGUA EN LA EMULSIÓN (g)		26.3

AGREGADOS	
Humedad	
Peso combinado húm. =	1000.0 g
Grava húmeda (48%) =	480.0 g
Arena húmeda (52%) =	520.0 g
Peso combinado seco =	994.5 g
Humedad =	0.6 %
Pesos de agregados para la mezcla	
Grava seca al aire (C*48%) =	530.9 g
Arena seca al aire (C*52%) =	575.2 g
Total =	1106.1 g

Nº MEZCLA	ASFALTO RESIDUAL (%)	EMULSIÓN (%)	HUMEDAD DEL AGREGADO (%)	AGUA A SER AÑADIDA		EMULSIÓN AÑADIDA (g)	PESO ACUMULADO DE MEZCLA HÚMEDA (g)	PESO ACUMULADO DE MEZCLA SECA (g)	HUMEDAD DE MEZCLA (%)	COBERTURA (%) (10min)	COBERTURA (%) (24 Horas)	OBSERVACIONES
				(%)	(g)							
		E/A*100			B*I/100	B*F/100	B+J+K+H*B/100	B+D	(L-M)/ M*100			
1	3.7	6.1	0.6	2.0	22.0	66.6	1194.6	1140.3	4.8	85	75	Regular
2	3.7	6.1	0.6	3.0	33.0	66.6	1205.6	1140.3	5.7	90	85	Optimo
3	3.7	6.1	0.6	4.0	44.0	66.6	1216.6	1140.3	6.7	95	95	Optimo
4	3.7	6.1	0.6	5.0	55.0	66.6	1227.6	1140.3	7.7	100	100	Saturado

AGUA DE PREMEZCLA (%)	4.0
HUMEDAD DE MEZCLA (%)	6.7


KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Febrero 2025

DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

PORCENTAJE ÓPTIMO DE COMPACTACIÓN

(A)	RÉSIDUO ASFÁLTICO DE LA EMULSIÓN (%)	60.5
(B)	PESO DEL AGREGADO SECO (g)	1100.0
	HUMEDAD DEL AGREGADO COMBINADO (%)	0.6
	PORCENTAJE TEÓRICO DEL ASF. RES. (%)	3.7
(D)	PESO DEL ASF. RES. TEÓRICO (g)	40.3

PORCENTAJE TEÓRICO DE LA EMULSIÓN (%)	6.1
PESO DE LA EMULSIÓN TEÓRICO (g)	66.6
PESO DEL AGREGADO GRUESO (g)	530.9
PESO DEL AGREGADO FINO (g)	575.2

Nº MEZCLA	ASFALTO RESIDUAL (%)	EMULSIÓN (%)	HUMEDAD DEL AGREGADO (%)	(I)		(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(Ñ)	(O)	PESO INICIAL (+ TARA)	PESO FINAL (+ TARA)
				AGUA A SER AÑADIDA		EMULSIÓN AÑADIDA (%)	PESO ACUMULADO DE MEZCLA HUMEDA (g)	PESO ACUMULADO DE MEZCLA SECA (g)	HUMEDAD DE LA MEZCLA (%)	HUMEDAD A COMPACTAR (%)	AGUA A SER ELIMINADA	%		
		E/A*100		B*I/100	B*F/100	B+J+K+H*B/100	B+D	(L-M)/ M*100		N-Ñ	M*O/100			
1A	3.7	6.1	0.6	4.0	44.0	66.6	1216.6	1140.3	6.7	6.0	0.7	8.0	1371.3	1363.3
1B													1373.6	1365.6
1C													1370.2	1362.2
2A	3.7	6.1	0.6	4.0	44.0	66.6	1216.6	1140.3	6.7	5.0	1.7	19.4	1372.3	1352.9
2B													1369.6	1350.2
2C													1368.9	1349.5
3A	3.7	6.1	0.6	4.0	44.0	66.6	1216.6	1140.3	6.7	4.0	2.7	30.8	1387.1	1356.3
3B													1348.1	1317.3
3C													1388.6	1357.8
4A	3.7	6.1	0.6	4.0	44.0	66.6	1216.6	1140.3	6.7	3.0	3.7	42.2	1367.9	1325.7
4B													1372.8	1330.6
4C													1370.7	1328.5
5A	3.7	6.1	0.6	5.0	55.0	66.6	1227.6	1140.3	7.7	7.0	0.7	7.6	1397.2	1389.6
5B													1382.6	1375.0
5C													1417.4	1409.8
6A	3.7	6.1	0.6	6.0	66.0	66.6	1238.6	1140.3	8.6	8.0	0.6	7.2	1426.3	1419.1
6B													1393.1	1385.9
6C													1409.0	1401.8

KAE Ingeniería ~~Hydro~~
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIR. N° 205087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Febrero 2025

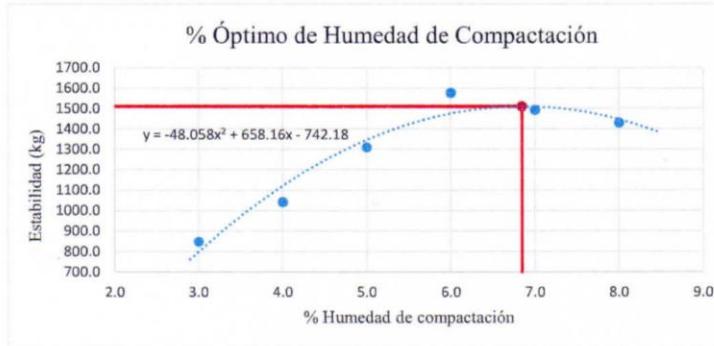
DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

PORCENTAJE ÓPTIMO DE COMPACTACIÓN

HUMEDAD	MUESTRA	PESO AL AIRE (A) (g)	PESO SSS (B) (g)	PESO SUMERGIDO (C) (g)	GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK	DENSIDAD (g/cm³)	VOLUMEN (cm³)
8.0%	6A	1109	1113	609	2.200	2.194	506
	6B	1112	1116	606	2.180	2.174	512
	6C	1118	1123	611	2.184	2.177	514
7.0%	5A	1120	1124	607	2.166	2.160	519
	5B	1122	1125	610	2.179	2.172	517
	5C	1116	1120	607	2.175	2.169	515
6.0%	1A	1106	1112	593	2.131	2.125	521
	1B	1103	1107	594	2.150	2.144	515
	1C	1094	1100	591	2.149	2.143	511
5.0%	2A	1112	1118	595	2.126	2.120	525
	2B	1097	1103	588	2.130	2.124	517
	2C	1112	1118	597	2.134	2.128	523
4.0%	3A	1113	1120	593	2.112	2.106	529
	3B	1112	1118	593	2.118	2.112	527
	3C	1109	1116	589	2.104	2.098	529
3.0%	4A	1106	1112	584	2.095	2.088	530
	4B	1119	1124	589	2.092	2.085	537
	4C	1111	1120	587	2.084	2.078	535

HUMEDAD (%)	MUESTRA	VOLUMEN (cm³)	ESTABILIDAD MEDIDA (kg)	F. C.	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	PROMEDIO ESTABILIDAD (kg)
8.0	6A	506	1620.7	1.04	1685.5	1430.6
	6B	512	1166.9	1.00	1166.9	
	6C	514	1439.4	1.00	1439.4	
7.0	5A	519	1286.9	1.00	1286.9	1493.6
	5B	517	1652.8	1.00	1652.8	
	5C	515	1541.2	1.00	1541.2	
6.0	1A	521	1391.4	1.00	1391.4	1578.1
	1B	515	1695.9	1.00	1695.9	
	1C	511	1647.1	1.00	1647.1	
5.0	2A	525	1259.1	0.96	1208.7	1310.3
	2B	517	1407.5	1.00	1407.5	
	2C	523	1369.3	0.96	1314.5	
4.0	3A	529	1162.7	0.96	1116.2	1041.3
	3B	527	1174.9	0.96	1127.9	
	3C	529	916.6	0.96	879.9	
3.0	4A	530	864.5	0.96	829.9	848.9
	4B	537	977.3	0.93	908.9	
	4C	535	841.4	0.96	807.7	



Estabilidad Máxima = 1511.2 kg
Humedad Óptima = 6.8%


Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 218097

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio
– Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Febrero 2025

**DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO**

PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO RESIDUAL

(A)	RESIDUO ASFÁLTICO DE LA EMULSIÓN (%)	60.5
(B)	PESO DEL AGREGADO SECO (g)	1100
(C)	HUMEDAD DEL AGREGADO COMBINADO (%)	0.6
	HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	6.8
	PORCENTAJE TEÓRICO DE EMULSIÓN (%)	6.1
	PORCENTAJE TEÓRICO DE ASFALTO RESIDUAL (%)	3.7
	PESO DEL AGREGADO GRUESO (g)	530.9
	PESO DEL AGREGADO FINO (g)	575.2

Nº MEZCLA	ASFALTO RESIDUAL (%)	EMULSION (%)	AGUA EN LA EMULSION (%)	EMULSIÓN A SER AÑADIDA		AGUA A SER AÑADIDA		PESO ACUMULADO DE MEZCLA HUMEDA	PESO DEL ASFALTO RESIDUAL (%)	PESO ACUMULADO DE MEZCLA SECA	AGUA TOTAL EN LA MEZCLA (%)
				(I) (%)	(J) (g)	(K) (%)	(L) (g)				
		E/A*100	F-E		B*I/100		B*K/100	B+J+L+B*C/100	E*B/100	B+N	(M-Ñ)*100
2A - 2F	2.7	4.4	1.7	4.4	48.4	4.7	51.7	1206.2	29.3	1129.3	6.8
3A - 3F	3.7	6.1	2.4	6.1	66.6	4.1	45.1	1217.7	40.3	1140.3	6.8
4A - 4F	4.7	7.7	3.0	7.7	84.7	3.5	38.5	1229.3	51.3	1151.3	6.8
5A - 5F	5.7	9.4	3.7	9.4	102.9	2.9	31.9	1240.9	62.3	1162.3	6.8
6A - 6F	6.7	11.0	4.3	11.0	121.1	2.3	25.3	1252.5	73.3	1173.3	6.8

KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Marzo 2025

**DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO RESIDUAL**

EMULSIÓN	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00

AGREGADO	
Identificación	Cantera "Pucarragá"
Descripción	Piedra 1/2" - Arena
G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Asfalto residual en la mezcla (A)	2.7 %
Agua de compactación (%)	6.8 %
Peso de agua añadida	51.7 g
Peso de emulsión añadida	48.4 g
Peso de agregado grueso	530.9 g
Peso de agregado fino	575.2 g

DESCRIPCIÓN		SECO			SATURADO					
Nº	Gravedad Específica Bulk	2A	2B	2C	2D	2E	2F			
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1105.8	1111.5	1095.5	1116.8	1111.0	1107.6			
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	598.3	599.6	590.7	608.2	604.7	597.5			
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1108.5	1113.7	1097.3	1118.6	1113.4	1108.9			
4	Volumen por desplazamiento (cm ³)	511.7	515.6	508.1	511.9	510.2	512.9			
5	Densidad Bulk (G)	2.167	2.162	2.162						
6	Densidad Bulk Seca	2.142	2.141	2.140						
7	Promedio	2.141								
Nº	Estabilidad y Flujo									
1	Estabilidad (Kg-f)	1507.1	1697.4	1598.5	1552.7	1558.5	1086.7			
2	Factor de corrección	1.00	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00			
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1507.1	1697.4	1662.4	1552.7	1558.5	1086.7			
4	Promedio	1622.3			1399.3					
5	Flujo (mm)	3.87	3.75	4.47						
6	Promedio	4.03								
Nº	Contenido de Humedad									
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1108.5	1113.7	1097.3	1135.7	1131.5	1127.5			
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1262.1	1256.7	1227.5	1250.0	1260.5	1267.1			
3	Tara (gr)	169.0	155.9	143.2	145.3	158.5	171.7			
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1093.1	1100.8	1084.3	1104.7	1102.0	1095.4			
5	Contenido de humedad (K) (%)	1.2	1.0	1.1	2.7	2.5	2.9			
6	Humedad absorbida (%)	1.6								
Nº	Vacíos y Pérdida de Estabilidad									
1	Máximo total de vacíos (%)	8.0	8.1	8.1	Promedio	8.1				
2	% Pérdida de estabilidad	13.7								



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Marzo 2025

**DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO RESIDUAL**

EMULSIÓN	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00

AGREGADO	
Identificación	Cantera "Pucarragá"
Descripción	Piedra 1/2" - Arena
G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Asfalto residual en la mezcla (A)	3.7 %
Agua de compactación (%)	6.8 %
Peso de agua añadida	45.1 g
Peso de emulsión añadida	66.6 g
Peso de agregado grueso	530.9 g
Peso de agregado fino	575.2 g

Nº	Descripción	SECO			SATURADO		
		3A	3B	3C	3D	3E	3F
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1104.1	1113.9	1115.2	1118.0	1120.2	1113.8
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	593.7	597.0	603.3	600.7	605.1	603.0
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1107.9	1118.1	1119.2	1121.6	1125.2	1117.9
4	Volumen por desplazamiento (cm ³)	515.7	522.7	517.5	522.5	521.7	516.4
5	Densidad Bulk (G)	2.147	2.138	2.162			
6	Densidad Bulk Seca	2.135	2.128	2.154			
7	Promedio	2.139					
Nº	Estabilidad y Flujo	1582.9	1456.8	1582.7	1215.1	1272.7	1212.5
1	Estabilidad (Kg-f)	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1582.9	1398.5	1582.7	1215.1	1272.7	1212.5
4	Promedio	1521.4			1233.4		
5	Flujo (mm)	3.60	3.55	3.33			
6	Promedio	3.49					
Nº	Contenido de Humedad	1107.9	1118.1	1119.2	1162.7	1161.0	1165.0
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1255.2	1271.8	1249.1	1280.0	1275.5	1270.9
3	Tara (gr)	157.2	162.7	138.0	167.3	160.4	161.2
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1098.0	1109.1	1111.1	1112.7	1115.1	1109.7
5	Contenido de humedad (K) (%)	0.6	0.4	0.4	4.3	3.8	4.8
6	Humedad absorbida (%)				3.8		
Nº	Vacíos y Pérdida de Estabilidad	7.7	7.8	7.3	Promedio	7.6	
1	Máximo total de vacíos (%)				18.9		
2	% Pérdida de estabilidad						

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Marzo 2025

**DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO RESIDUAL**

EMULSIÓN	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00

AGREGADO	
Identificación	Cantera "Pucarragá"
Descripción	Piedra 1/2" - Arena
G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.7 %
Agua de compactación (%)	6.8 %
Peso de agua añadida	38.5 g
Peso de emulsión añadida	84.7 g
Peso de agregado grueso	530.9 g
Peso de agregado fino	575.2 g

DESCRIPCIÓN		SECO			SATURADO					
Nº	Gravedad Específica Bulk	4A	4B	4C	4D	4E	4F			
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1132.9	1132.5	1133.0	1138.3	1133.5	1129.0			
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	617.1	620.2	610.5	614.9	616.0	610.4			
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1139.1	1140.0	1137.6	1144.7	1138.1	1135.3			
4	Volumen por desplazamiento (cm³)	523.6	521.4	528.7	531.4	523.7	526.5			
5	Densidad Bulk (G)	2.170	2.179	2.149						
6	Densidad Bulk Seca	2.155	2.162	2.134						
7	Promedio	2.150								
Nº	Estabilidad y Flujo									
1	Estabilidad (Kg-f)	1761.2	1812.7	1754.0	1057.6	1216.7	1030.5			
2	Factor de corrección	0.96	1.00	0.96	0.96	0.96	0.96			
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1690.8	1812.7	1683.8	1015.3	1168.0	989.3			
4	Promedio	1729.1			1057.5					
5	Flujo (mm)	4.16	5.13	5.97						
6	Promedio	5.09								
Nº	Contenido de Humedad									
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1139.1	1140.0	1137.6	1187.3	1181.0	1177.4			
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1296.0	1289.2	1269.8	1298.5	1266.2	1282.0			
3	Tara (gr)	171.1	165.4	144.8	168.3	140.6	161.1			
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1124.9	1123.8	1125.0	1130.2	1125.6	1120.9			
5	Contenido de humedad (K) (%)	0.7	0.8	0.7	4.7	4.7	4.7			
6	Humedad absorbida (%)	3.9								
Nº	Vacíos y Pérdida de Estabilidad									
1	Máximo total de vacíos (%)	6.6	6.5	7.1	Promedio	6.7				
2	% Pérdida de estabilidad	38.8								

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Marzo 2025

DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO RESIDUAL

EMULSIÓN	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00

AGREGADO	
Identificación	Cantera "Pucarragá"
Descripción	Piedra 1/2" - Arena
G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Asfalto residual en la mezcla (A)	5.7 %
Agua de compactación (%)	6.8 %
Peso de agua añadida	31.9 g
Peso de emulsión añadida	102.9 g
Peso de agregado grueso	530.9 g
Peso de agregado fino	575.2 g

DESCRIPCIÓN		SECO			SATURADO					
Nº	Gravedad Específica Bulk	5A	5B	5C	5D	5E	5F			
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1135.2	1136.3	1138.7	1139.1	1143.6	1147.9			
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	606.0	602.1	606.8	605.3	609.0	611.4			
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1138.0	1142.1	1142.7	1142.4	1147.1	1151.2			
4	Volumen por desplazamiento (cm³)	533.6	541.6	537.5	538.7	539.7	541.4			
5	Densidad Bulk (G)	2.134	2.104	2.125						
6	Densidad Bulk Seca	2.121	2.089	2.112						
7	Promedio	2.107								
Nº	Estabilidad y Flujo									
1	Estabilidad (Kg-f)	1643.5	1299.8	1522.0	1017.4	1094.0	1096.7			
2	Factor de corrección	0.96	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93			
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1577.8	1208.8	1415.5	946.2	1017.4	1019.9			
4	Promedio	1400.7			994.5					
5	Flujo (mm)	4.33	6.31	4.69						
6	Promedio	5.11								
Nº	Contenido de Humedad									
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1138.0	1142.1	1142.7	1171.2	1175.8	1178.0			
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1311.3	1278.0	1303.1	1300.3	1284.7	1315.0			
3	Tara (gr)	182.9	150.2	171.3	167.8	148.4	175.2			
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1128.4	1127.8	1131.8	1132.5	1136.3	1139.8			
5	Contenido de humedad (K) (%)	0.6	0.8	0.6	3.3	3.3	3.2			
6	Humedad absorbida (%)				2.6					
Nº	Vacíos y Pérdida de Estabilidad									
1	Máximo total de vacíos (%)	6.8	7.5	7.0	Promedio	7.1				
2	% Pérdida de estabilidad	29.0								



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Marzo 2025

DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
PORCENTAJE ÓPTIMO DE ASFALTO RESIDUAL

EMULSIÓN	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00

AGREGADO	
Identificación	Cantera "Pucarraga"
Descripción	Piedra 1/2" - Arena
G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Asfalto residual en la mezcla (A)	6.7 %
Agua de compactación (%)	6.8 %
Peso de agua añadida	25.3 g
Peso de emulsión añadida	121.1 g
Peso de agregado grueso	530.9 g
Peso de agregado fino	575.2 g

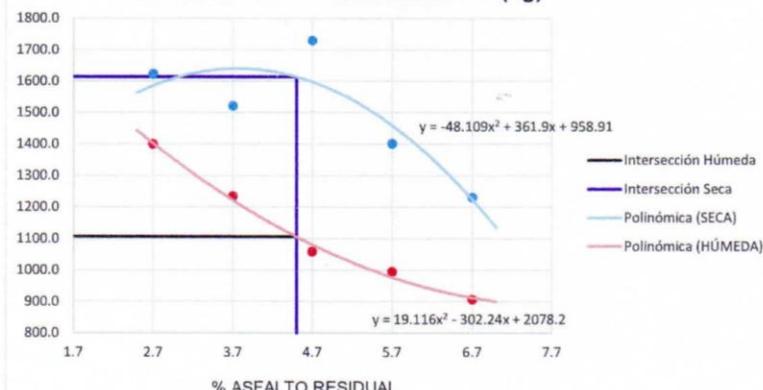
DESCRIPCIÓN		SECO			SATURADO		
Nº	Gravedad Específica Bulk	6A	6B	6C	6D	6E	6F
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1153.9	1153.7	1158.0	1162.6	1153.6	1157.8
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	610.1	610.2	614.0	615.9	608.6	612.4
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1157.1	1157.2	1160.3	1165.4	1156.7	1161.1
4	Volumen por desplazamiento (cm ³)	548.6	548.6	547.9	551.2	549.7	550.4
5	Densidad Bulk (G)	2.110	2.109	2.120			
6	Densidad Bulk Seca	2.091	2.093	2.098			
7	Promedio	2.094					
Nº	Estabilidad y Flujo						
1	Estabilidad (Kg-f)	1378.6	1337.8	1433.2	1050.9	982.9	1020.2
2	Factor de corrección	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1227.0	1190.6	1275.5	935.3	874.8	908.0
4	Promedio	1231.0			906.0		
5	Flujo (mm)	6.56	7.35	9.11			
6	Promedio	7.67					
Nº	Contenido de Humedad						
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1157.1	1157.2	1160.3	1182.5	1176.9	1178.4
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1312.6	1302.7	1291.0	1324.3	1290.3	1307.7
3	Tara (gr)	168.9	157.9	144.6	173.0	146.4	159.4
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1143.7	1144.8	1146.4	1151.3	1143.9	1148.3
5	Contenido de humedad (K) (%)	1.0	0.8	1.1	2.6	2.8	2.5
6	Humedad absorbida (%)	1.7					
Nº	Vacíos y Pérdida de Estabilidad						
1	Máximo total de vacíos (%)	6.9	6.9	6.7	Promedio	6.9	
2	% Pérdida de estabilidad	26.4					

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024
AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto
FECHA : Marzo 2025

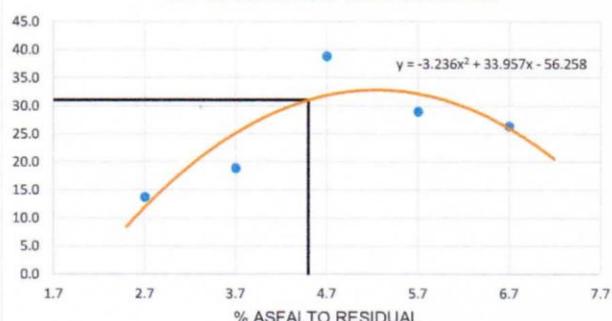
DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

GRÁFICOS

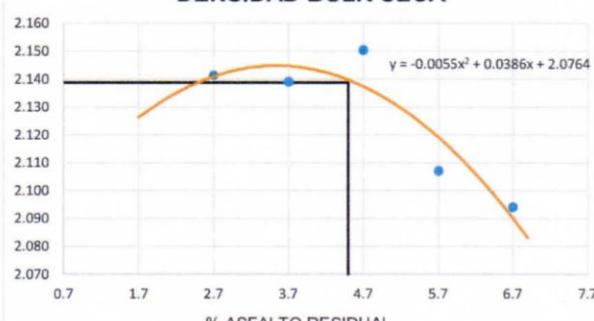
ESTABILIDAD SECA Y HÚMEDA (kg)



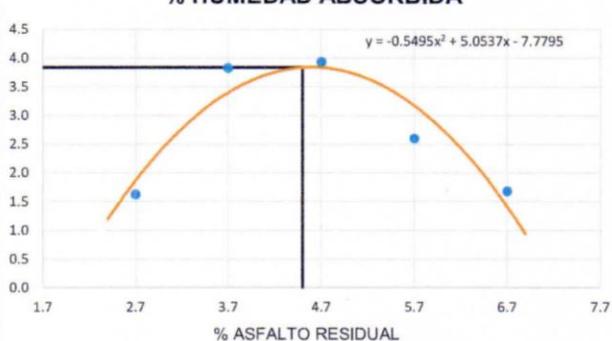
% PÉRDIDA DE ESTABILIDAD



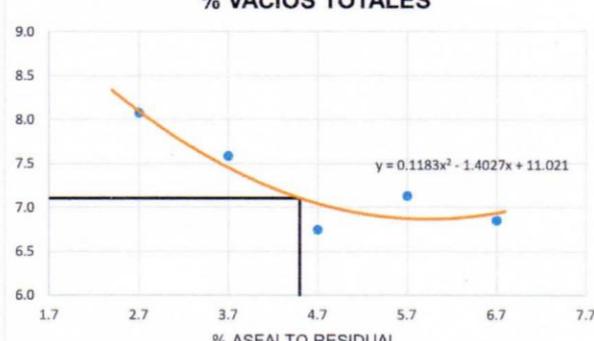
DENSIDAD BULK SECA



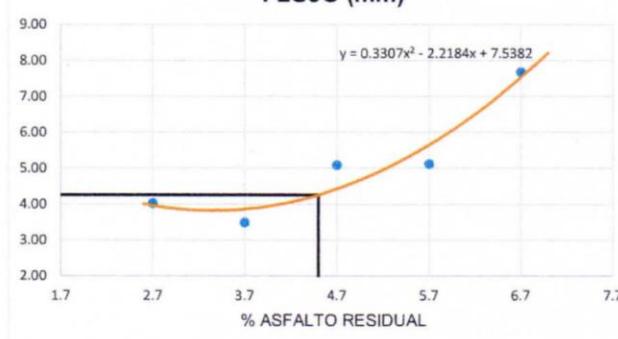
% HUMEDAD ABSORBIDA



% VACÍOS TOTALES



FLUJO (mm)



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024
AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto
FECHA : Marzo 2025

**DISEÑO DE MEZCLA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN EL MANUAL MS-14 DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO**

RESUMEN

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

Grava Triturada 1/2" (Cantera "Pucarragá" : 48.0 %
Arena Triturada (Cantera "Pucarragá") : 52.0 %
Gradación : ESPECIFICACIÓN TÉCNICA MTC - E.G. - 2013
SECCIÓN 424 (MDF - 2)

2.- LIGANTE ASFÁLTICO

Tipo de emulsión asfáltica : CSS-1H
Residuo asfáltico de la emulsión : 60.5 %
% óptimo de emulsión asfáltica : 7.4
% óptimo de asfalto residual : 4.5

3.- AGUA

% de humedad natural : 0.6
% de agua en la emulsión : 2.9
% de agua de premezcla : 3.6
% de agua total en la mezcla : 6.8
% de humedad óptima de compactación : 6.8

4.- CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJES DE ASFALTO RESIDUAL

% ASFALTO RESIDUAL	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7
ESTABILIDAD SECA (kg)	1622.3	1521.4	1729.1	1400.7	1231.0
ESTABILIDAD HÚMEDA (kg)	1399.3	1233.4	1057.5	994.5	906.0
% PÉRDIDA DE ESTABILIDAD	13.7	18.9	38.8	29.0	26.4
DENSIDAD BULK SECA	2.141	2.139	2.150	2.107	2.094
% HUMEDAD ABSORBIDA	1.6	3.8	3.9	2.6	1.7
% VACÍOS TOTALES	8.1	7.6	6.7	7.1	6.9
FLUJO (mm)	4.03	3.49	5.09	5.11	7.67

4.- PROPIEDADES MARSHALL MODIFICADO

Propiedades	-0.3 %	Óptimo	+0.3 %	Parámetros MTC, EG-2013
Nº DE GOLPES POR CARA		50		
% ASFALTO RESIDUAL	4.2	4.5	4.8	
% EMULSIÓN ASFÁLTICA	6.9	7.4	7.9	
DENSIDAD BULK SECA	2.142	2.139	2.135	
% HUMEDAD ABSORBIDA	3.8	3.8	3.8	4% max.
% VACÍOS TOTALES	7.2	7.1	7.0	2 - 8%
ESTABILIDAD SECA (kg)	1630.2	1613.3	1587.6	500 lb (227 kg) min.
ESTABILIDAD HÚMEDA (kg)	1146.0	1105.2	1067.9	50% max.
% PÉRDIDA DE ESTABILIDAD	29.3	31.0	32.2	
FLUJO (mm)	4.05	4.25	4.51	

OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayada a una temperatura de 22.2 °C (Ref: Manual asphalt institute MS-14).
(2) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio
– Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

SUSTITUCIÓN DE FIBRA DE VIDRIO POR EL AGREGADO FINO

(A)	RESIDUO ASFALTICO DE LA EMULSIÓN (%)	60.5
(B)	PESO DEL AGREGADO SECO (g)	1100
(C)	HUMEDAD DEL AGREGADO COMBINADO (%)	0.6
	PESO DEL AGREGADO SECO AL AIRE (g)	1106.1
	HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	6.8
	PORCENTAJE DE ASFALTO RESIDUAL (%)	4.5
	PORCENTAJE DE EMULSIÓN (%)	7.4

(E)	(F)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(Ñ)	(O)
ASFALTO RESIDUAL (%)	EMULSION (%)	AGUA EN LA EMULSION (%)	EMULSIÓN A SER AÑADIDA		AGUA A SER AÑADIDA		PESO ACUMULADO DE MEZCLA HUMEDA (%)	PESO DEL ASFALTO RESIDUAL (%)	PESO ACUMULADO DE MEZCLA SECA (g)	AGUA TOTAL EN LA MEZCLA (%)
			(%)	(g)	(%)	(g)				
	E/A*100	F-E		B*I/100		B*K/100	B+J+L+B*C/100	E*B/100	B+N	(M-Ñ)/ Ñ*100
4.5	7.4	2.9	7.4	81.8	3.6	39.6	1227.5	49.5	1149.5	6.8

PESOS DE AGREGADOS Y FIBRA PARA LA MEZCLA					
Proporción original:		Grava:	48.0 %	Arena:	52.0 %
Sustitución de fibra por arena					
Fibra de vidrio		Grava		Arena	
(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)
0.1	1.1	48.0	530.9	51.9	574.1
0.2	2.2	48.0	530.9	51.8	573.0
0.3	3.3	48.0	530.9	51.7	571.8

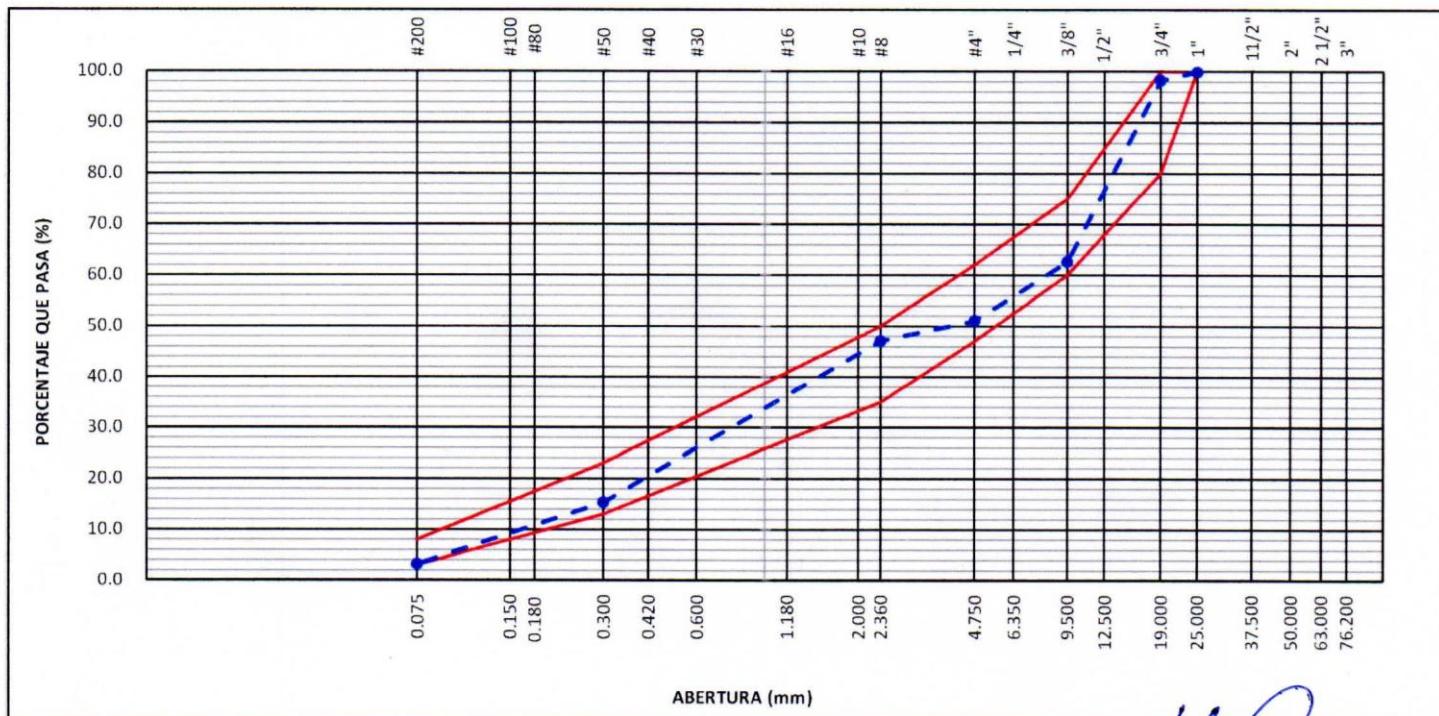

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024
AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto
FECHA : Abril 2025

GRADACIÓN PARA MEZCLA DENSA EN FRÍO CON 0.1% DE FIBRA DE VIDRIO

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º04	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN MDF - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Arena	Fibra				
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100.0	100.0			99.9	100	100
3/4"	19.000	96.5	100.0			98.2	80	100
1/2"	12.500	53.3	100.0			77.5		
3/8"	9.500	22.3	100.0			62.6	60	75
1/4"	6.350							
# 4	4.750	0.2	98.1			51.0	47	62
# 8	2.360	0.1	90.6			47.1	35	50
# 10	2.000							
# 16	1.180		75.8			39.4		
# 30	0.600		52.0			27.0		
# 40	0.420							
# 50	0.300		29.5			15.3	13	23
# 80	0.180							
# 100	0.150		12.6			6.5		
# 200	0.075		6.2			3.2	3	8
>200								
MEZCLA								
Prueba N.º01	48.0%	51.9%	0.1%	0.0%	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA




KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

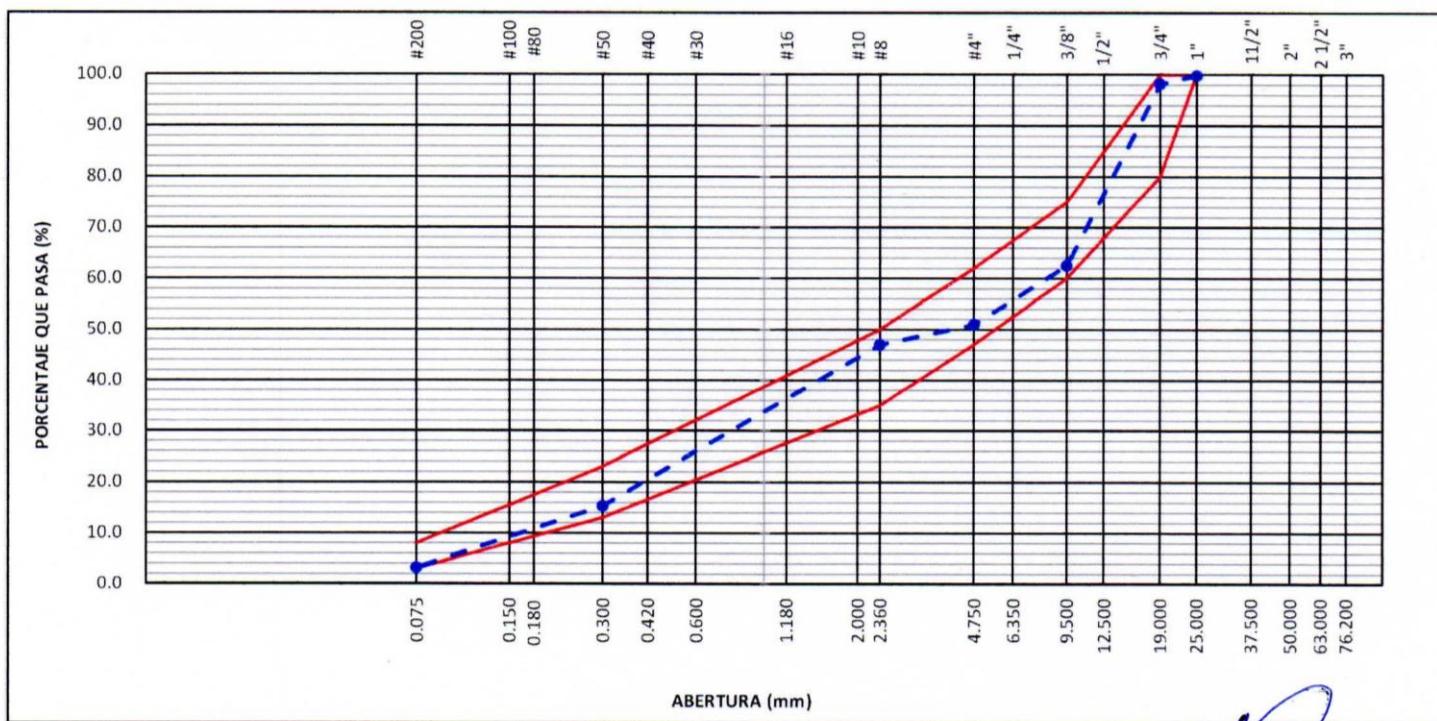
AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

GRADACIÓN PARA MEZCLA DENSA EN FRÍO CON 0.2% DE FIBRA DE VIDRIO

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º04	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN MDF - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Arena	Fibra				
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100.0	100.0			99.8	100	100
3/4"	19.000	96.5	100.0			98.1	80	100
1/2"	12.500	53.3	100.0			77.4		
3/8"	9.500	22.3	100.0			62.5	60	75
1/4"	6.350							
# 4	4.750	0.2	98.1			50.9	47	62
# 8	2.360	0.1	90.6			47.0	35	50
# 10	2.000							
# 16	1.180		75.8			39.3		
# 30	0.600		52.0			26.9		
# 40	0.420							
# 50	0.300		29.5			15.3	13	23
# 80	0.180							
# 100	0.150		12.6			6.5		
# 200	0.075		6.2			3.2	3	8
>200								
MEZCLA								
Prueba N.º01	48.0%	51.8%	0.2%	0.0%	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



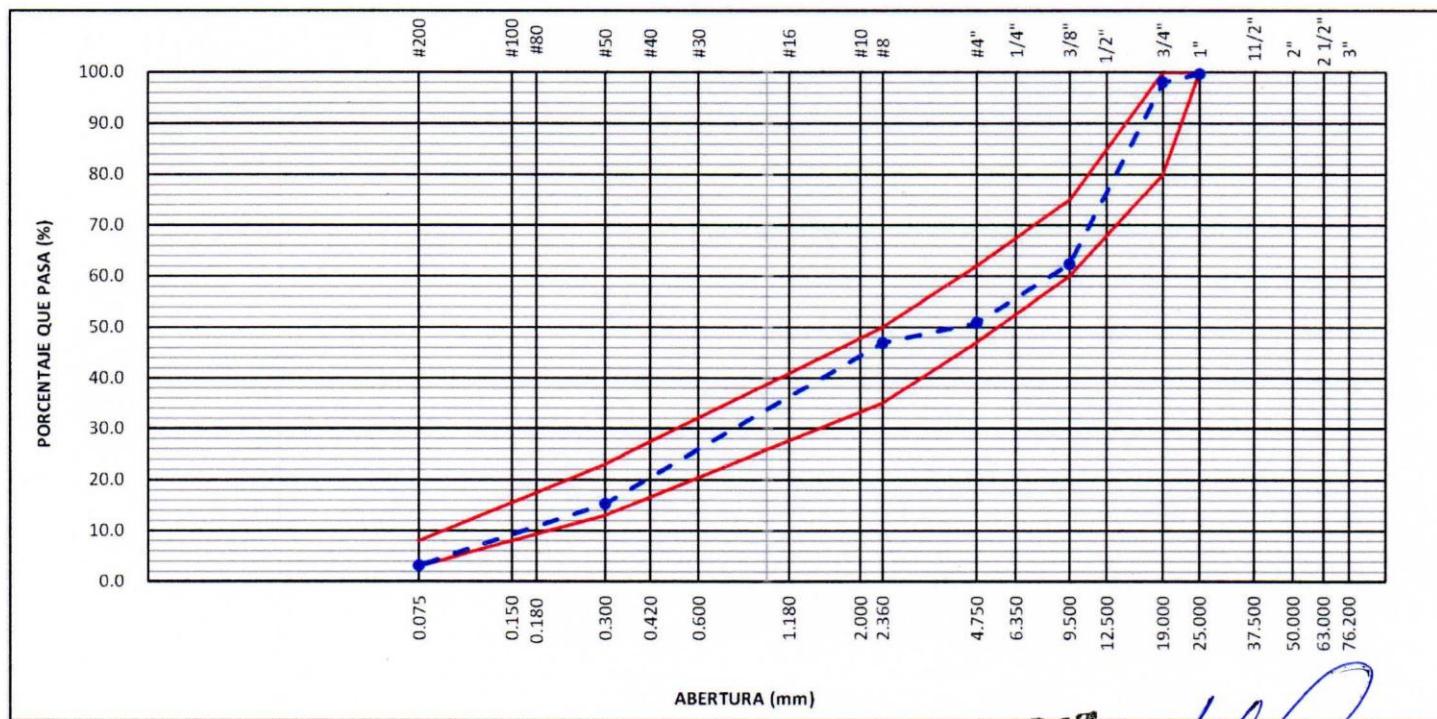

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024
AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto
FECHA : Abril 2025

GRADACIÓN PARA MEZCLA DENSA EN FRÍO CON 0.3% DE FIBRA DE VIDRIO

TAMIZ	ABERTURA	Material N.º01	Material N.º02	Material N.º03	Material N.º04	Prueba N.º01	ESPECIFICACIÓN MDF - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	Grava	Arena	Fibra				
3"	76.200							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000	100.0	100.0			99.7	100	100
3/4"	19.000	96.5	100.0			98.0	80	100
1/2"	12.500	53.3	100.0			77.3		
3/8"	9.500	22.3	100.0			62.4	60	75
1/4"	6.350							
# 4	4.750	0.2	98.1			50.8	47	62
# 8	2.360	0.1	90.6			46.9	35	50
# 10	2.000							
# 16	1.180		75.8			39.2		
# 30	0.600		52.0			26.9		
# 40	0.420							
# 50	0.300		29.5			15.3	13	23
# 80	0.180							
# 100	0.150		12.6			6.5		
# 200	0.075		6.2			3.2	3	8
>200								
MEZCLA								
Prueba N.º01	48.0%	51.7%	0.3%	0.0%	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



KAE Ingeniería
 Victor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 216087



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.1 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	574.1 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	1.1 g

Nº	Gravedad Específica Bulk	M1	M2	M3	Promedio
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1126.2	1129.0	1133.3	
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	600.1	612.8	613.6	
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1130.1	1131.2	1135.1	
4	Volumen por desplazamiento (cm ³)	531.6	520.0	523.1	
5	Densidad Bulk (G)	2.125	2.178	2.173	
6	Densidad Bulk Seca	2.112	2.164	2.158	2.145
Nº	Estabilidad y Flujo				
1	Estabilidad (Kg-f)	1730.3	2221.4	2233.5	
2	Factor de corrección	0.96	1.00	0.96	
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1661.1	2221.4	2144.2	
5	Flujo (mm)	5.76	6.61	8.57	6.98
Nº	Contenido de Humedad y Vacíos				
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1130.1	1131.2	1135.1	
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1275.6	1282.6	1287.4	
3	Tara (gr)	156.2	161.0	161.9	
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1119.4	1121.6	1125.5	
5	Contenido de humedad (K) (%)	0.6	0.7	0.7	0.7
6	Máximo total de vacíos (%)	7.7	6.6	6.7	7.0



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.2 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	573.0 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	2.2 g

Nº	Gravedad Específica Bulk	M1	M2	M3	Promedio
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1133.5	1133.4	1135.2	
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	612.1	609.5	608.9	
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1135.9	1135.6	1137.6	
4	Volumen por desplazamiento (cm ³)	525.4	527.7	530.3	
5	Densidad Bulk (G)	2.164	2.154	2.147	
6	Densidad Bulk Seca	2.148	2.140	2.130	2.140
Nº	Estabilidad y Flujo				
1	Estabilidad (Kg-f)	2019.6	1988.0	1828.7	
2	Factor de corrección	0.96	0.96	0.96	
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1938.8	1908.5	1755.6	
5	Flujo (mm)	8.09	7.04	6.25	7.13
Nº	Contenido de Humedad y Vacíos				
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1135.9	1135.6	1137.6	
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1299.2	1303.5	1277.8	
3	Tara (gr)	174.1	177.4	151.6	
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1125.1	1126.1	1126.2	
5	Contenido de humedad (K) (%)	0.8	0.7	0.8	
6	Máximo total de vacíos (%)	6.9	7.1	7.3	7.1


 Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 216037

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.3 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	571.8 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	3.3 g

Nº	Gravedad Específica Bulk	M1	M2	M3	Promedio
1	Peso de la briqueta en aire (D) (gr)	1130.8	1134.5	1137.7	
2	Peso de la briqueta en agua (E) (gr)	605.3	608.3	607.7	
3	Peso de la briqueta SSS (F) (gr)	1134.4	1136.6	1141.3	
4	Volumen por desplazamiento (cm ³)	530.7	529.9	535.2	
5	Densidad Bulk (G)	2.137	2.147	2.132	
6	Densidad Bulk Seca	2.122	2.132	2.116	2.123
Nº	Estabilidad y Flujo				
1	Estabilidad (Kg-f)	1769.1	1758.6	1713.9	
2	Factor de corrección	0.96	0.96	0.96	
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1698.3	1688.3	1645.3	
5	Flujo (mm)	5.35	5.44	7.67	6.15
Nº	Contenido de Humedad y Vacíos				
1	Peso de la muestra húmeda (H) (gr)	1134.4	1136.6	1141.3	
2	Peso de la muestra seca + tara (gr)	1269.4	1277.0	1308.3	
3	Tara (gr)	146.8	150.6	179.3	
4	Peso de la muestra seca (I) (gr)	1122.6	1126.4	1129.0	
5	Contenido de humedad (K) (%)	0.8	0.8	0.8	
6	Máximo total de vacíos (%)	7.5	7.2	7.6	7.4



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.1 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	574.1 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	1.1 g

Nº	Estabilidad y Flujo	M1	M2	M3	Promedio
1	Estabilidad (Kg-f)	1700.3	2091.5	1939.0	
2	Factor de corrección	0.96	1.00	0.96	
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1632.3	2091.5	1861.4	1861.7
4	Flujo (mm)	4.25	4.25	4.25	4.25

Observación: Los valores de estabilidad mostrados pertenecen a valores de flujo de 4.25mm el cual es el valor óptimo hallado en el diseño


 Victor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG CIP N° 216087



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.2 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	573.0 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	2.2 g

Nº	Estabilidad y Flujo	M1	M2	M3	Promedio
1	Estabilidad (Kg-f)	1891.9	1927.1	1797.5	
2	Factor de corrección	0.96	0.96	0.96	
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1816.2	1850.0	1725.6	1797.3
4	Flujo (mm)	4.25	4.25	4.25	4.25

Observación: Los valores de estabilidad mostrados pertenecen a valores de flujo de 4.25mm el cual es el valor óptimo hallado en el diseño


 Victor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 216087



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

Registro Indecopi N° 028979-2021/DS

TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Abril 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.3 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	571.8 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	3.3 g

Nº	Estabilidad y Flujo	M1	M2	M3	Promedio
1	Estabilidad (Kg-f)	1701.7	1688.7	1622.4	
2	Factor de corrección	0.96	0.96	0.96	
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	1633.6	1621.2	1557.5	1604.1
4	Flujo (mm)	4.25	4.25	4.25	4.25

Observación: Los valores de estabilidad mostrados pertenecen a valores de flujo de 4.25mm el cual es el valor óptimo hallado en el diseño


Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 216087



TESIS : Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en frío incorporando fibra de vidrio – Sihuas, Áncash 2024

AUTOR : Bach. Villanueva Capillo Jairo Alberto

FECHA : Mayo 2025

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON FIBRA DE VIDRIO

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Cantera "Pucarragá"
Residuo asfáltico en la emulsión	60.5 %	Descripción	Piedra 1/2" - Arena
Gravedad específica del asfalto (B)	1.00	G. Es. Aparente (C)	2.71

MEZCLA Y COMPACTACIÓN			
Porcentaje de fibra de vidrio	0.1 %	Peso de emulsión añadida	81.8 g
Asfalto residual en la mezcla (A)	4.5 %	Peso de agregado grueso	530.9 g
Agua de compactación	6.8 %	Peso de agregado fino	574.1 g
Peso de agua añadida	39.6 g	Peso de fibra de vidrio	1.1 g

Muestra	P. en aire (gr)	P. en agua (gr)	P. sss (gr)	Volumen (cm ³)	Factor c.	Estabilidad (Kg-f)	Estabilidad corregida (Kg-f)
M4	1121.8	605.7	1125.0	521	1.00	1689.5	1689.5
M5	1138.4	614.6	1142.1	529	0.96	1680.5	1613.3
M6	1132.5	610.7	1136.1	527	0.96	1869.7	1794.9
M7	1136.1	615.8	1138.9	525	0.96	1935.0	1857.6
M8	1135.4	610.4	1138.7	530	0.96	1683.5	1616.2
M9	1135.1	609.7	1139.5	531	0.96	1763.8	1693.2
M10	1126.6	611.4	1129.4	520	1.00	1987.5	1987.5
M11	1130.8	605.2	1134.1	530	0.96	1608.3	1544.0
M12	1131.6	609.0	1135.6	528	0.96	1694.8	1627.0

Observación: Los valores de estabilidad mostrados pertenecen a valores de flujo de 4.25mm el cual es el valor óptimo hallado en el diseño


KAE Ingeniería
 Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 R.F.G. C.I.P. N° 218087

Anexo 3: Certificados de Calibración



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1483-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 65914

Valor de apertura : 25 mm

Nº de Tamiz : 1,00 in.

Diametro del alambre : 3,55 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1483-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,9	26,9
Humedad relativa (%hr)	65	65

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 μm.	LLA-133-2024
TEST & CONTROL	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 6,5 μm.	TC-16333-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 24 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	25,000	25,083	0,083	0,002	0,682
Vertical		25,000	0,000	0,002	0,682

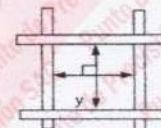
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	26,240	25,750	—	0,305
Vertical		25,790	—	0,244

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	3,550	4,293	0,743	0,012
Vertical		4,291	0,741	0,012

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	4,100	4,298	3,000	4,289
Vertical		4,294		4,283



Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1483-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 25 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 25 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
24,754	25,750	24,788	25,115	25,306	25,313	25,183	25,145	25,790	24,906	24,918	24,637
25,313	25,115	24,921	24,817	25,313	24,817	24,832	24,847	25,324	25,296	24,906	24,832
25,750	24,754	24,817	25,115	24,817	25,313	24,918	24,832	24,906	24,906	24,918	24,918
24,754	24,817	25,313	24,788	25,115	25,313	24,832	24,918	24,906	25,145	24,847	25,324

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1484-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : NO INDICA

Modelo : NO INDICA

Número de serie : NO INDICA

Valor de apertura : 19 mm

Nº de Tamiz : 3/4 in.

Diametro del alambre : 3,15 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

PUNTO DE PRECISIÓN 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.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,9	26,8
Humedad relativa (%hr)	65	65

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1484-2025

Página 2 de 3

6. Trazabilidad

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

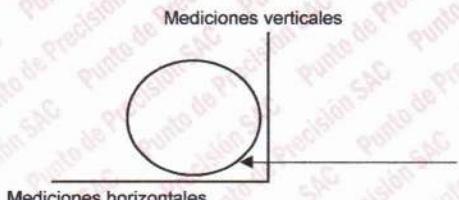
Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 μm.	LLA-133-2024
TEST & CONTROL	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 6,5 μm.	TC-16333-2024

7. Observaciones

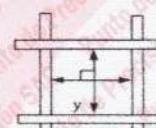
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	19,000	19,016	0,016	0,002	0,522
Vertical		19,022	0,022	0,002	0,522
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)	
Horizontal	20,010	19,161	0,393	0,103	
Vertical		19,230		0,123	
	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	
Horizontal	3,150	4,327	1,177	0,012	
Vertical		4,328	1,178	0,012	
	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)	
Horizontal	3,600	4,330	2,700	4,323	
Vertical		4,332		4,322	



Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1484-2025

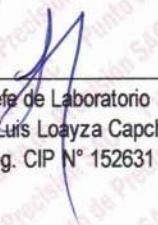
Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 19 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 19 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
19,137	19,161	19,137	19,015	18,899	19,034	18,935	18,923	18,978	19,145	19,230	18,895
19,006	19,015	18,882	18,899	19,034	18,882	19,181	19,113	19,122	18,916	18,916	19,181
18,882	19,137	19,006	19,137	18,899	19,137	18,895	18,923	18,895	18,895	18,978	18,923
19,015	18,899	18,882	19,015	19,015	19,137	18,895	19,145	19,145	18,916	19,181	19,122
19,137	18,899	19,137	18,899	19,015	19,137	18,978	18,935	18,923	18,978	19,181	19,230

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1485-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 85465

Valor de apertura : 12,5 mm

Nº de Tamiz : 1/2 in.

Diametro del alambre : 2,5 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

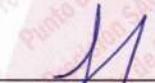
3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1485-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,8
Humedad relativa (%hr)	65	65

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 μm.	LLA-133-2024
TEST & CONTROL	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 6,5 μm.	TC-16333-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

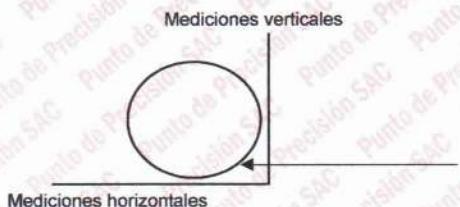
8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	12,500	12,371	-0,129	0,002	0,346
Vertical		12,387	-0,113	0,002	0,346

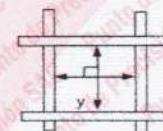
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	13,250	12,412	0,268	0,022
Vertical		12,449		0,034

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	2,500	4,359	1,859	0,012
Vertical		4,360	1,860	0,012

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	2,900	4,363	2,100	4,354
Vertical		4,363		4,354



Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del
tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1485-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 12,5 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 12,5 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
12,355	12,367	12,390	12,412	12,355	12,355	12,404	12,356	12,356	12,391	12,365	12,356
12,346	12,390	12,346	12,367	12,355	12,390	12,440	12,449	12,381	12,373	12,449	12,391
12,355	12,367	12,390	12,346	12,390	12,355	12,356	12,373	12,449	12,391	12,449	12,391
12,390	12,390	12,390	12,346	12,355	12,346	12,365	12,381	12,356	12,365	12,356	12,356
12,367	12,355	12,412	12,390	12,412	12,346	12,365	12,365	12,381	12,356	12,449	12,404

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1486-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 92350

Valor de apertura : 9,5 mm

Nº de Tamiz : 38 in.

Diametro del alambre : 2,24 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN



Laboratorio PP

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,8
Humedad relativa (%hr)	65	66

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1486-2025

Página 2 de 3

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Micrómetro de interiores de 1 μm .	LLA-133-2024
TEST & CONTROL	Pie de rey con una incertidumbre máxima de 6,5 μm .	TC-16333-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

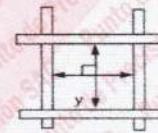
	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	9,500	9,475	-0,025	0,002	0,265
Vertical		9,620	0,120	0,002	0,265
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)	
Horizontal	10,110	9,619	0,211	0,079	
Vertical		9,734		0,093	
	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	
Horizontal	2,240	4,375	2,135	0,012	
Vertical		4,379	2,139	0,011	
	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)	
Horizontal	2,600	4,379	1,900	4,370	
Vertical		4,381		4,378	

Mediciones verticales



Mediciones horizontales

Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. QIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1486-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 9,5 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 9,5 mm					
Las mediciones se realizados en las unidades de mm						Las mediciones se realizados en las unidades de mm					
9,403	9,434	9,456	9,539	9,372	9,396	9,734	9,613	9,651	9,716	9,567	9,703
9,473	9,619	9,511	9,527	9,619	9,456	9,515	9,650	9,451	9,713	9,567	9,567
9,403	9,403	9,396	9,619	9,396	9,456	9,703	9,716	9,703	9,451	9,515	9,515
9,434	9,539	9,372	9,434	9,539	9,527	9,703	9,567	9,613	9,716	9,651	9,567
9,539	9,619	9,511	9,372	9,434	9,456	9,613	9,713	9,716	9,451	9,703	9,515

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1487-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : NO INDICA

Modelo : NO INDICA

Número de serie : NO INDICA

Valor de apertura : 4,75 mm

Nº de Tamiz : No. 4

Diametro del alambre : 1,6 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1487-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,8
Humedad relativa (%hr)	66	66

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 30 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	4,750	4,678	-0,072	0,002	0,135
Vertical		4,656	-0,094	0,002	0,135

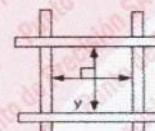
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	5,120	4,734	0,118	0,047
Vertical		4,677		0,020

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	1,600	1,555	-0,045	0,009
Vertical		1,533	-0,067	0,021

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	1,900	1,572	1,300	1,505
Vertical		1,651		1,458



Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del
tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1487-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 4,75 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 4,75 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
4,605	4,632	4,678	4,678	4,734	4,712	4,658	4,658	4,677	4,619	4,658	4,677
4,632	4,616	4,629	4,725	4,678	4,725	4,658	4,619	4,664	4,658	4,658	4,664
4,734	4,725	4,632	4,712	4,734	4,678	4,677	4,658	4,619	4,664	4,664	4,664
4,632	4,632	4,712	4,632	4,605	4,734	4,658	4,619	4,658	4,677	4,664	4,658
4,734	4,629	4,678	4,632	4,734	4,725	4,677	4,677	4,619	4,619	4,677	4,658

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1488-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 63865

Valor de apertura : 2,36 mm

Nº de Tamiz : No. 8

Diametro del alambre : 1 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH





Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1488-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,7
Humedad relativa (%hr)	66	66

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 40 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	2,360	2,426	0,066	0,002	0,069
Vertical		2,529	0,169	0,002	0,069

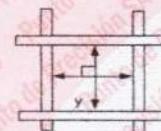
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	2,590	2,541	0,071	0,056
Vertical		2,564		0,021

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	1,000	0,864	-0,136	0,002
Vertical		0,857	-0,143	0,003

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	1,150	0,865	0,850	0,861
Vertical		0,867		0,850



Mediciones verticales
Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del tamiz




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1488-2025

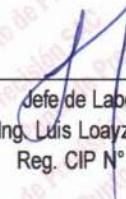
Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 2,36 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 2,36 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
2,412	2,415	2,416	2,541	2,472	2,412	2,510	2,540	2,564	2,510	2,564	2,512
2,412	2,374	2,371	2,371	2,412	2,412	2,512	2,541	2,541	2,512	2,512	2,510
2,541	2,412	2,412	2,416	2,371	2,412	2,512	2,510	2,512	2,564	2,541	2,510
2,371	2,416	2,472	2,374	2,371	2,541	2,510	2,564	2,512	2,512	2,541	2,564
2,416	2,416	2,541	2,371	2,541	2,472	2,510	2,541	2,540	2,510	2,541	2,541
2,415	2,412	2,371	2,541	2,371	2,415	2,564	2,510	2,510	2,512	2,512	2,510
2,371	2,412	2,412	2,415	—	—	2,564	2,512	2,541	2,541	—	—

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1490-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : ARSOUGROUP

Modelo : NO INDICA

Número de serie : 023N20

Valor de apertura : 1,7 mm

Nº de Tamiz : No. 12

Diametro del alambre : 0,8 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

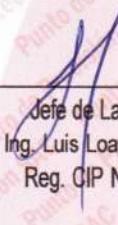
3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1490-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,8
Humedad relativa (%hr)	67	67

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 50 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	1,700	1,695	-0,005	0,002	0,050
Vertical		1,689	-0,011	0,002	0,050

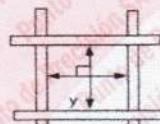
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	1,880	1,712	0,057	0,013
Vertical		1,712		0,012

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	0,800	0,780	-0,020	0,002
Vertical		0,777	-0,023	0,002

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	0,920	0,786	0,680	0,768
Vertical		0,786		0,768



Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del
tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1490-2025

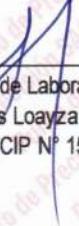
Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 1,7 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 1,7 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
1,689	1,679	1,685	1,710	1,712	1,695	1,692	1,712	1,678	1,692	1,685	1,678
1,685	1,710	1,712	1,692	1,685	1,710	1,691	1,675	1,678	1,681	1,678	1,691
1,685	1,685	1,685	1,685	1,679	1,712	1,678	1,692	1,691	1,681	1,691	1,678
1,710	1,710	1,679	1,685	1,685	1,712	1,712	1,685	1,685	1,691	1,678	1,678
1,685	1,679	1,712	1,695	1,679	1,692	1,681	1,678	1,692	1,685	1,678	1,712
1,710	1,689	1,710	1,712	1,692	1,692	1,712	1,712	1,685	1,675	1,685	1,712
1,710	1,692	1,679	1,679	1,710	1,685	1,685	1,685	1,712	1,712	1,678	1,678
1,710	1,692	1,710	1,685	1,685	1,689	1,692	1,692	1,681	1,678	1,685	1,678
1,679	1,695	—	—	—	—	1,678	1,712	—	—	—	—

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1491-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 66098

Valor de apertura : 1,18 mm

Nº de Tamiz : No. 16

Diametro del alambre : 0,63 mm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

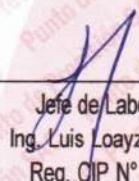
3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1491-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,8
Humedad relativa (%hr)	66	67

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Retícula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 80 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de abertura (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)	Error máximo permitido (mm)
Horizontal	1,180	1,173	-0,007	0,002	0,036
Vertical	1,173	-0,007	0,002	0,036	

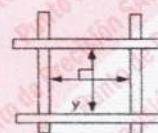
	Abertura máxima permitida (mm)	Abertura máxima encontrada (mm)	Máxima desviación permitida (mm)	Desviación estandar encontrada (mm)
Horizontal	1,320	1,179	0,045	0,005
Vertical	1,179	0,045	0,005	

	Valor nominal del diámetro (mm)	Promedio de mediciones (mm)	Error encontrado (mm)	Incertidumbre de medición (mm)
Horizontal	0,630	0,618	-0,012	0,002
Vertical	0,622	-0,008	0,002	

	Diámetro Máximo permitido (mm)	Diámetro Máximo encontrado (mm)	Diámetro Mínimo permitido (mm)	Diámetro Mínimo encontrado (mm)
Horizontal	0,720	0,625	0,540	0,612
Vertical	0,628	0,540	0,614	



Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del
tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN



Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1491-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 1,18 mm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 1,18 mm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de mm						Las mediciones se realizaron en las unidades de mm					
1,169	1,168	1,179	1,178	1,178	1,169	1,168	1,175	1,171	1,179	1,172	1,176
1,164	1,172	1,171	1,179	1,178	1,178	1,179	1,168	1,164	1,174	1,171	1,172
1,169	1,164	1,164	1,171	1,169	1,171	1,176	1,176	1,164	1,176	1,172	1,179
1,171	1,164	1,179	1,179	1,178	1,169	1,172	1,175	1,175	1,174	1,164	1,179
1,168	1,179	1,179	1,179	1,168	1,179	1,174	1,168	1,168	1,175	1,175	1,174
1,164	1,178	1,178	1,179	1,178	1,172	1,168	1,171	1,174	1,164	1,172	1,171
1,179	1,164	1,172	1,169	1,164	1,164	1,179	1,171	1,168	1,176	1,174	1,168
1,178	1,172	1,179	1,168	1,169	1,178	1,168	1,174	1,175	1,164	1,168	1,164
1,179	1,179	1,172	1,179	1,169	1,164	1,164	1,172	1,179	1,168	1,175	1,174
1,169	1,178	1,178	1,168	1,169	1,178	1,179	1,179	1,172	1,179	1,172	1,171
1,172	1,169	1,168	1,164	1,168	1,171	1,179	1,168	1,174	1,179	1,179	1,164
1,178	1,178	1,179	1,169	1,171	1,179	1,168	1,176	1,172	1,168	1,172	1,164
1,169	1,179	1,179	1,172	1,179	1,172	1,168	1,179	1,164	1,176	1,175	1,175
1,179	1,178	—	—	—	—	1,179	1,176	—	—	—	—

FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1494-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 64908

Valor de apertura : 600 μ m

Nº de Tamiz : No. 30

Diametro del alambre : 400 μ m

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,7	26,7
Humedad relativa (%hr)	66	66

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Retícula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μm .	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 100 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (μm)	Promedio de mediciones (μm)	Error encontrado (μm)	Incertidumbre de medición (μm)	Error máximo permitido (μm)
Horizontal	600,0	619,5	19,5	2,5	19,0
Vertical		619,4	19,4	2,5	19,0

	Abertura máxima permitida (μm)	Abertura máxima encontrada (μm)	Máxima desviación permitida (μm)	Desviación estandar encontrada (μm)
Horizontal	691,00	629,12	28,06	4,00
Vertical		625,12		3,76

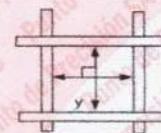
	Valor nominal del diámetro (μm)	Promedio de mediciones (μm)	Error encontrado (μm)	Incertidumbre de medición (μm)
Horizontal	400,0	422,6	22,6	1,8
Vertical		419,8	19,8	1,8

	Diámetro Máximo permitido (μm)	Diámetro Máximo encontrado (μm)	Diámetro Mínimo permitido (μm)	Diámetro Mínimo encontrado (μm)
Horizontal	460,0	427,1	340,0	417,1
Vertical		425,1		416,1



Mediciones horizontales

Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1494-2025

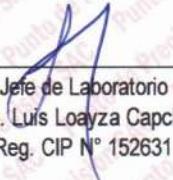
Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 600 μ m						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 600 μ m					
Las mediciones se realizaron en las unidades de μ m						Las mediciones se realizaron en las unidades de μ m					
619,1	621,1	618,1	613,1	621,1	623,1	615,1	619,1	621,1	617,1	622,1	613,1
629,1	618,1	615,1	617,1	613,1	619,1	625,1	618,1	619,1	621,1	613,1	621,1
621,1	615,1	623,1	629,1	618,1	621,1	622,1	621,1	621,1	615,1	615,1	615,1
621,1	618,1	618,1	619,1	618,1	615,1	618,1	613,1	622,1	621,1	613,1	619,1
617,1	618,1	621,1	621,1	619,1	623,1	618,1	615,1	621,1	613,1	622,1	613,1
617,1	623,1	618,1	613,1	618,1	615,1	618,1	625,1	613,1	619,1	619,1	621,1
618,1	621,1	623,1	619,1	615,1	623,1	619,1	619,1	613,1	618,1	617,1	619,1
621,1	619,1	629,1	619,1	623,1	617,1	619,1	618,1	625,1	613,1	621,1	621,1
623,1	621,1	617,1	623,1	618,1	629,1	625,1	615,1	622,1	625,1	618,1	621,1
621,1	629,1	621,1	617,1	618,1	621,1	615,1	615,1	625,1	613,1	625,1	621,1
623,1	617,1	618,1	613,1	623,1	613,1	613,1	613,1	617,1	625,1	617,1	622,1
613,1	617,1	619,1	621,1	615,1	621,1	625,1	613,1	625,1	619,1	621,1	622,1
618,1	618,1	618,1	623,1	618,1	615,1	615,1	621,1	619,1	622,1	621,1	615,1
621,1	615,1	621,1	621,1	618,1	618,1	625,1	619,1	625,1	618,1	622,1	617,1
618,1	629,1	613,1	613,1	619,1	618,1	621,1	621,1	615,1	625,1	619,1	622,1
615,1	621,1	618,1	617,1	618,1	629,1	625,1	625,1	617,1	619,1	615,1	621,1
621,1	613,1	629,1	621,1	—	—	621,1	621,1	622,1	621,1	—	—

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1496-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 65783

Valor de apertura : 300 μ m

Nº de Tamiz : No. 50

Diametro del alambre : 200 μ m

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

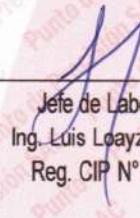
3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1496-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,7	26,7
Humedad relativa (%hr)	67	66

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 160 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (μ m)	Promedio de mediciones (μ m)	Error encontrado (μ m)	Incindumbre de medición (μ m)	Error máximo permitido (μ m)
Horizontal	300,0	316,0	16,0	2,5	10,4
Vertical		318,1	18,1	2,5	10,4

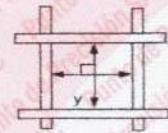
	Abertura máxima permitida (μ m)	Abertura máxima encontrada (μ m)	Máxima desviación permitida (μ m)	Desviación estandar encontrada (μ m)
Horizontal	358,00	321,11	18,15	3,33
Vertical		322,11		3,03

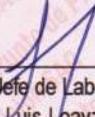
	Valor nominal del diámetro (μ m)	Promedio de mediciones (μ m)	Error encontrado (μ m)	Incindumbre de medición (μ m)
Horizontal	200,0	217,7	17,7	1,7
Vertical		218,4	18,4	1,7

	Diámetro Máximo permitido (μ m)	Diámetro Máximo encontrado (μ m)	Diámetro Mínimo permitido (μ m)	Diámetro Mínimo encontrado (μ m)
Horizontal	230,0	221,1	170,0	214,1
Vertical		222,1		214,1



Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del
tamiz




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1496-2025

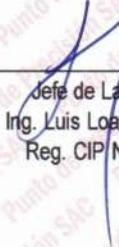
Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 300 μ m						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 300 μ m					
Las mediciones se realizaron en las unidades de μ m						Las mediciones se realizaron en las unidades de μ m					
312,1	321,1	315,1	319,1	315,1	312,1	322,1	321,1	317,1	315,1	312,1	321,1
321,1	318,1	312,1	315,1	312,1	315,1	318,1	319,1	315,1	317,1	315,1	318,1
318,1	312,1	321,1	312,1	315,1	315,1	321,1	315,1	315,1	319,1	317,1	321,1
315,1	321,1	312,1	312,1	315,1	318,1	317,1	322,1	315,1	317,1	315,1	312,1
315,1	319,1	315,1	318,1	315,1	312,1	321,1	315,1	321,1	319,1	321,1	318,1
315,1	312,1	312,1	312,1	315,1	312,1	317,1	321,1	318,1	322,1	321,1	321,1
318,1	318,1	315,1	321,1	321,1	312,1	321,1	322,1	317,1	315,1	312,1	317,1
312,1	318,1	315,1	315,1	312,1	318,1	317,1	321,1	318,1	312,1	317,1	315,1
312,1	315,1	315,1	321,1	321,1	312,1	318,1	312,1	318,1	318,1	317,1	319,1
312,1	312,1	312,1	312,1	321,1	318,1	321,1	317,1	318,1	322,1	322,1	322,1
319,1	318,1	312,1	318,1	315,1	318,1	319,1	322,1	321,1	322,1	321,1	317,1
312,1	315,1	315,1	312,1	312,1	318,1	319,1	315,1	319,1	317,1	322,1	319,1
321,1	315,1	312,1	312,1	315,1	321,1	321,1	315,1	315,1	321,1	317,1	317,1
312,1	315,1	321,1	315,1	312,1	318,1	321,1	317,1	321,1	315,1	322,1	315,1
319,1	312,1	321,1	312,1	319,1	321,1	312,1	317,1	318,1	312,1	321,1	321,1
318,1	315,1	315,1	315,1	321,1	315,1	315,1	319,1	319,1	315,1	312,1	315,1
312,1	315,1	312,1	315,1	321,1	318,1	321,1	321,1	315,1	322,1	321,1	317,1
321,1	315,1	315,1	312,1	318,1	315,1	321,1	321,1	315,1	315,1	322,1	312,1
312,1	315,1	315,1	315,1	321,1	319,1	322,1	317,1	319,1	317,1	321,1	321,1
312,1	321,1	319,1	315,1	315,1	319,1	322,1	322,1	315,1	321,1	319,1	312,1
312,1	318,1	321,1	312,1	315,1	321,1	322,1	321,1	315,1	315,1	315,1	312,1
315,1	318,1	319,1	312,1	319,1	321,1	317,1	317,1	321,1	317,1	317,1	312,1
312,1	321,1	312,1	312,1	312,1	312,1	319,1	318,1	312,1	321,1	322,1	315,1
312,1	318,1	321,1	312,1	319,1	321,1	315,1	321,1	321,1	315,1	318,1	321,1
312,1	312,1	312,1	312,1	312,1	312,1	319,1	315,1	315,1	322,1	315,1	315,1
312,1	321,1	312,1	312,1	312,1	312,1	—	—	319,1	315,1	315,1	—

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1499-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : ORION

Modelo : NO INDICA

Número de serie : 17AB29

Valor de apertura : 150 μm

Nº de Tamiz : No. 100

Diametro del alambre : 100 μm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,7	26,7
Humedad relativa (%hr)	66	66

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1499-2025

Página 2 de 3

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 200 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de apertura (μ m)	Promedio de mediciones (μ m)	Error encontrado (μ m)	Incertidumbre de medición (μ m)	Error máximo permitido (μ m)
Horizontal	150,0	158,2	8,2	2,6	6,0
Vertical		154,4	4,4	2,7	6,0

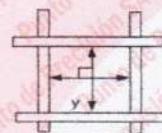
	Abertura máxima permitida (μ m)	Abertura máxima encontrada (μ m)	Máxima desviación permitida (μ m)	Desviación estandar encontrada (μ m)
Horizontal	188,00	168,11	11,86	7,16
Vertical		165,11		8,04

	Valor nominal del diámetro (μ m)	Promedio de mediciones (μ m)	Error encontrado (μ m)	Incertidumbre de medición (μ m)
Horizontal	100,0	103,3	3,3	1,8
Vertical		103,0	3,0	1,7

	Diámetro Máximo permitido (μ m)	Diámetro Máximo encontrado (μ m)	Diámetro Mínimo permitido (μ m)	Diámetro Mínimo encontrado (μ m)
Horizontal	115,0	109,1	85,0	98,1
Vertical		108,1		99,1



Placa grabada y/o Indicaciones técnicas del tamiz




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1499-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 150 µm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 150 µm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de µm						Las mediciones se realizaron en las unidades de µm					
165,1	158,1	159,1	165,1	158,1	156,1	165,1	158,1	148,1	154,1	154,1	142,1
162,1	168,1	149,1	145,1	156,1	165,1	149,1	162,1	145,1	165,1	162,1	145,1
145,1	156,1	159,1	158,1	159,1	168,1	162,1	165,1	142,1	148,1	162,1	165,1
162,1	165,1	145,1	168,1	162,1	149,1	149,1	148,1	158,1	145,1	154,1	149,1
149,1	149,1	149,1	165,1	158,1	158,1	149,1	154,1	142,1	142,1	154,1	149,1
145,1	165,1	156,1	156,1	168,1	159,1	154,1	158,1	158,1	158,1	165,1	148,1
145,1	165,1	145,1	158,1	165,1	159,1	154,1	158,1	158,1	162,1	148,1	162,1
158,1	145,1	156,1	145,1	158,1	149,1	149,1	142,1	145,1	145,1	165,1	142,1
149,1	145,1	165,1	156,1	162,1	145,1	154,1	154,1	154,1	162,1	165,1	158,1
145,1	162,1	149,1	156,1	156,1	168,1	162,1	142,1	142,1	154,1	148,1	165,1
159,1	159,1	149,1	149,1	168,1	158,1	165,1	142,1	165,1	145,1	165,1	154,1
162,1	168,1	149,1	165,1	162,1	168,1	158,1	142,1	165,1	149,1	154,1	165,1
159,1	165,1	156,1	159,1	159,1	165,1	148,1	158,1	154,1	165,1	162,1	142,1
149,1	156,1	145,1	149,1	165,1	159,1	149,1	165,1	148,1	162,1	142,1	154,1
165,1	162,1	158,1	158,1	149,1	159,1	149,1	148,1	154,1	145,1	149,1	158,1
145,1	156,1	162,1	162,1	168,1	168,1	148,1	142,1	165,1	162,1	154,1	145,1
162,1	165,1	162,1	145,1	162,1	158,1	165,1	154,1	158,1	165,1	154,1	149,1
159,1	165,1	162,1	162,1	158,1	165,1	154,1	145,1	158,1	145,1	165,1	154,1
168,1	158,1	149,1	149,1	162,1	162,1	158,1	148,1	165,1	149,1	158,1	165,1
159,1	158,1	165,1	158,1	158,1	159,1	145,1	158,1	149,1	149,1	165,1	145,1
149,1	149,1	149,1	159,1	165,1	159,1	165,1	154,1	142,1	165,1	142,1	162,1
165,1	145,1	165,1	158,1	162,1	158,1	165,1	145,1	145,1	165,1	165,1	162,1
165,1	149,1	158,1	145,1	159,1	158,1	158,1	165,1	145,1	145,1	165,1	145,1
165,1	149,1	158,1	145,1	159,1	158,1	158,1	165,1	148,1	165,1	149,1	145,1
165,1	165,1	158,1	158,1	149,1	159,1	145,1	154,1	165,1	165,1	165,1	162,1
158,1	162,1	162,1	158,1	158,1	168,1	165,1	148,1	162,1	154,1	142,1	165,1
158,1	168,1	159,1	159,1	168,1	145,1	145,1	142,1	145,1	165,1	142,1	154,1
168,1	156,1	165,1	145,1	168,1	158,1	154,1	158,1	165,1	149,1	148,1	162,1
168,1	145,1	158,1	149,1	149,1	165,1	148,1	158,1	158,1	158,1	142,1	142,1
162,1	145,1	162,1	158,1	168,1	158,1	149,1	165,1	165,1	145,1	148,1	165,1
165,1	149,1	162,1	145,1	165,1	162,1	158,1	165,1	165,1	142,1	145,1	149,1
165,1	165,1	158,1	165,1	168,1	149,1	154,1	149,1	165,1	165,1	158,1	162,1
159,1	156,1	149,1	158,1	165,1	159,1	154,1	165,1	149,1	149,1	142,1	154,1
168,1	165,1	162,1	159,1	159,1	159,1	162,1	149,1	165,1	165,1	145,1	165,1
145,1	158,1	—	—	—	—	148,1	142,1	—	—	—	—

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1492-2025

Página 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de medición : TAMIZ

Marca : PINZUAR

Modelo : GRANOTEST

Número de serie : 95194

Valor de apertura : 75 µm

Nº de Tamiz : No. 200

Diametro del alambre : 50 µm

Material : ACERO INOXIDABLE

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de calibración : 2025-03-08

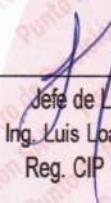
3. Método de calibración

La calibración se realizó mediante comparación directa sin contacto según la Norma "ASTM E11-24 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

4. Lugar de calibración

P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1492-2025

Página 2 de 3

5. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura ambiental (°C)	26,8	26,8
Humedad relativa (%hr)	66	66

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL-DM	Reticula microscópica con una incertidumbre máxima de 1,1 μ m.	LLA-084-2024

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
- Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Para la calibración del tamiz, se realizó 250 mediciones en apertura de la malla y en el diámetro del alambre.

8. Resultados de medición

	Valor nominal de abertura (μ m)	Promedio de mediciones (μ m)	Error encontrado (μ m)	Incindumbre de medición (μ m)	Error máximo permitido (μ m)
Horizontal	75,0	75,8	0,8	2,1	3,7
Vertical		72,9	-2,1	2,5	3,7

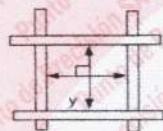
	Abertura máxima permitida (μ m)	Abertura máxima encontrada (μ m)	Máxima desviación permitida (μ m)	Desviación estandar encontrada (μ m)
Horizontal	101,00	82,11	8,04	4,42
Vertical		81,11		4,59

	Valor nominal del diámetro (μ m)	Promedio de mediciones (μ m)	Error encontrado (μ m)	Incindumbre de medición (μ m)
Horizontal	50,0	50,4	0,4	1,7
Vertical		47,3	-2,7	1,7

	Diámetro Máximo permitido (μ m)	Diámetro Máximo encontrado (μ m)	Diámetro Mínimo permitido (μ m)	Diámetro Mínimo encontrado (μ m)
Horizontal	58,0	56,1	43,0	46,1
Vertical		51,1		45,1



Mediciones verticales
Mediciones horizontales
Placa grabada y/o
Indicaciones técnicas del tamiz



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1492-2025

Página 3 de 3

ANEXO A - MEDICIONES REALIZADAS

MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - HORIZONTAL - VALOR NOMINAL DE 75 µm						MEDIDAS REALIZADAS DE APERTURA - VERTICAL - VALOR NOMINAL DE 75 µm					
Las mediciones se realizaron en las unidades de µm						Las mediciones se realizaron en las unidades de µm					
79,1	82,1	76,1	72,1	70,1	78,1	81,1	69,1	69,1	72,1	78,1	69,1
78,1	81,1	69,1	71,1	78,1	82,1	69,1	72,1	70,1	81,1	69,1	69,1
72,1	72,1	78,1	70,1	71,1	81,1	72,1	81,1	69,1	69,1	72,1	72,1
76,1	72,1	82,1	70,1	78,1	81,1	78,1	69,1	69,1	72,1	70,1	70,1
78,1	71,1	78,1	69,1	78,1	70,1	69,1	69,1	72,1	78,1	69,1	81,1
79,1	72,1	81,1	69,1	76,1	79,1	69,1	78,1	72,1	70,1	81,1	70,1
71,1	72,1	78,1	82,1	79,1	81,1	69,1	72,1	81,1	69,1	69,1	69,1
78,1	78,1	76,1	71,1	79,1	78,1	81,1	78,1	69,1	81,1	70,1	72,1
71,1	78,1	72,1	71,1	76,1	78,1	72,1	81,1	69,1	69,1	70,1	72,1
79,1	71,1	69,1	70,1	78,1	70,1	69,1	69,1	72,1	69,1	69,1	69,1
69,1	78,1	76,1	72,1	82,1	72,1	81,1	69,1	72,1	69,1	69,1	69,1
69,1	78,1	78,1	82,1	78,1	79,1	69,1	69,1	69,1	72,1	69,1	78,1
69,1	78,1	76,1	81,1	69,1	78,1	72,1	69,1	70,1	69,1	72,1	78,1
81,1	69,1	82,1	82,1	76,1	79,1	81,1	69,1	78,1	69,1	70,1	78,1
81,1	71,1	72,1	78,1	69,1	78,1	81,1	69,1	81,1	81,1	81,1	81,1
69,1	70,1	81,1	78,1	79,1	72,1	69,1	69,1	69,1	72,1	69,1	70,1
78,1	70,1	69,1	78,1	78,1	69,1	69,1	81,1	69,1	69,1	69,1	72,1
79,1	82,1	82,1	78,1	81,1	81,1	72,1	72,1	81,1	69,1	81,1	81,1
81,1	69,1	82,1	70,1	78,1	81,1	72,1	78,1	81,1	69,1	69,1	70,1
71,1	72,1	71,1	81,1	78,1	78,1	69,1	78,1	72,1	69,1	72,1	81,1
81,1	71,1	78,1	82,1	81,1	78,1	69,1	69,1	69,1	78,1	81,1	70,1
81,1	71,1	70,1	78,1	72,1	72,1	69,1	69,1	72,1	81,1	70,1	72,1
78,1	78,1	70,1	76,1	78,1	71,1	72,1	72,1	81,1	69,1	81,1	78,1
72,1	78,1	70,1	70,1	70,1	70,1	72,1	69,1	69,1	70,1	69,1	69,1
70,1	79,1	82,1	79,1	79,1	81,1	81,1	69,1	69,1	69,1	81,1	72,1
72,1	72,1	72,1	72,1	70,1	78,1	70,1	69,1	69,1	72,1	78,1	78,1
72,1	81,1	81,1	76,1	78,1	82,1	78,1	72,1	72,1	72,1	78,1	81,1
71,1	82,1	78,1	72,1	72,1	79,1	69,1	69,1	81,1	70,1	69,1	69,1
71,1	72,1	71,1	72,1	70,1	76,1	81,1	78,1	78,1	70,1	72,1	69,1
69,1	82,1	81,1	79,1	71,1	70,1	69,1	70,1	69,1	69,1	69,1	69,1
81,1	82,1	71,1	70,1	81,1	81,1	81,1	69,1	78,1	69,1	69,1	69,1
78,1	78,1	76,1	79,1	78,1	81,1	69,1	81,1	69,1	81,1	69,1	81,1
76,1	72,1	72,1	70,1	79,1	76,1	72,1	69,1	69,1	69,1	72,1	69,1
76,1	78,1	69,1	81,1	76,1	72,1	72,1	72,1	72,1	69,1	70,1	69,1
70,1	72,1	76,1	69,1	78,1	79,1	69,1	69,1	69,1	69,1	81,1	72,1
79,1	78,1	70,1	82,1	81,1	78,1	78,1	78,1	72,1	72,1	81,1	81,1
71,1	69,1	81,1	71,1	72,1	72,1	82,1	72,1	69,1	78,1	69,1	78,1
76,1	81,1	72,1	76,1	70,1	76,1	78,1	78,1	69,1	69,1	72,1	70,1
78,1	81,1	72,1	78,1	76,1	82,1	70,1	69,1	69,1	72,1	69,1	69,1
71,1	79,1	82,1	70,1	72,1	71,1	70,1	69,1	78,1	72,1	72,1	81,1
78,1	70,1	69,1	78,1	78,1	70,1	69,1	72,1	78,1	69,1	69,1	72,1
78,1	79,1	79,1	78,1	—	—	78,1	72,1	72,1	81,1	—	—

FIN DEL DOCUMENTO



Je de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIF N° 152631





Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-466-2025

Página: 1 de 3

Expediente	:	137-2025
Fecha de Emisión	:	2025-03-11
1. Solicitante	:	KAE INGENIERIA S.A.C.
Dirección	:	PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
2. Instrumento de Medición	:	BALANZA
Marca	:	OHAUS
Modelo	:	R21PE30ZH
Número de Serie	:	B847537395
Alcance de Indicación	:	30 000 g
División de Escala de Verificación (e)	:	10 g
División de Escala Real (d)	:	1 g
Procedencia	:	NO INDICA
Identificación	:	NO INDICA
Tipo	:	ELECTRÓNICA
Ubicación	:	LABORATORIO
Fecha de Calibración	:	2025-03-08

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	26,0	26,3
Humedad Relativa	66,0	66,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	0020-MPES-C-2025
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-300-2024
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0211-2025
	Pesa (exactitud F1)	0297-MPES-C-2025

7. Observaciones

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 24 °C a 31 °C.

El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

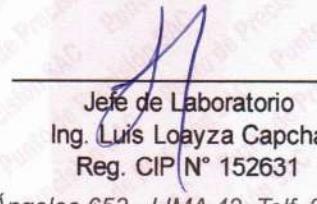
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1=	15 000,0 g			Carga L2=	30 000,0 g		
		I (g)	ΔL (g)	E (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 001	0,6		0,9	30 000	0,7		-0,2
2	15 001	0,8		0,7	29 999	0,4		-0,9
3	15 001	0,5		1,0	29 999	0,2		-0,7
4	15 001	0,7		0,8	29 999	0,3		-0,8
5	15 000	0,9		-0,4	30 000	0,5		0,0
6	15 001	0,5		1,0	30 000	0,8		-0,3
7	15 001	0,8		0,7	30 000	0,6		-0,1
8	15 000	0,7		-0,2	30 000	0,7		-0,2
9	15 000	0,6		-0,1	30 000	0,5		0,0
10	15 000	0,5		0,0	30 000	0,9		-0,4
Diferencia Máxima		1,4			0,9			
Error máximo permitido		± 20 g			± 30 g			



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Inicial Final

Temp. (°C) 26,3 26,3

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E_0 (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)
1	100,0	100	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0
2		100	0,8	-0,3		10 000	0,9	-0,4	-0,1
3		100	0,6	-0,1		10 000	0,7	-0,2	-0,1
4		100	0,9	-0,4		10 000	0,6	-0,1	0,3
5		100	0,7	-0,2		9 999	0,8	-1,3	-1,1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : \pm 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Inicial Final

Temp. (°C) 26,3 26,0

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				\pm emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	
100,0	100	0,7	-0,2		200	0,8	-0,3	-0,1	10
200,0	200	0,5	0,0	0,2	1 000	0,6	-0,1	0,1	10
1 000,0	1 000	0,8	-0,3	-0,1	2 000	0,5	0,0	0,2	10
2 000,0	2 000	0,6	-0,1	0,1	5 000	0,9	-0,4	-0,2	10
5 000,0	5 000	0,7	-0,2	0,0	7 000	0,7	-0,2	0,0	20
7 000,0	7 000	0,9	-0,4	-0,2	10 000	0,8	-0,3	-0,1	20
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,2	15 000	0,5	0,0	0,2	20
15 000,0	15 000	0,8	-0,3	-0,1	20 000	0,7	-0,2	0,0	20
20 000,0	20 000	0,6	-0,1	0,1	25 000	0,6	-0,1	0,1	30
25 000,0	25 000	0,7	-0,2	0,0	30 000	0,5	0,0	0,2	30
30 000,0	30 000	0,5	0,0	0,2					

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R - 1,32 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4,75 \times 10^{-1} g^2 + 1,72 \times 10^{-8} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza

AL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

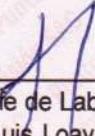
E₀: Error en ceroE_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-467-2025

Página: 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de Emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES
ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de Serie : 8342504815

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala
de Verificación (e) : 10 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2025-03-08

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N°LC - 033

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	26,4	26,5
Humedad Relativa	66,0	66,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	0020-MPES-C-2025
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-300-2024
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0211-2025
	Pesa (exactitud F1)	0297-MPES-C-2025

7. Observaciones

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 24 °C a 31 °C.

El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1=	15 000,0 g			Carga L2=	30 000,0 g		
		I (g)	ΔL (g)	E (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,7		-0,2	30 000	0,6		-0,1
2	15 000	0,5		0,0	30 000	0,7		-0,2
3	15 000	0,9		-0,4	30 000	0,8		-0,3
4	15 000	0,7		-0,2	30 000	0,5		0,0
5	15 000	0,6		-0,1	30 000	0,9		-0,4
6	15 000	0,8		-0,3	30 000	0,6		-0,1
7	15 000	0,5		0,0	30 000	0,7		-0,2
8	15 000	0,6		-0,1	30 000	0,8		-0,3
9	15 000	0,7		-0,2	30 000	0,5		0,0
10	15 000	0,8		-0,3	30 000	0,6		-0,1
Diferencia Máxima		0,4			0,4			
Error máximo permitido	±	20 g			±	30 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Inicial Final

Temp. (°C) 26,4 26,5

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E_0 (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)
1	100,0	100	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,7	-0,2	-0,2
2		100	0,8	-0,3		10 000	0,6	-0,1	0,2
3		100	0,6	-0,1		10 000	0,8	-0,3	-0,2
4		100	0,7	-0,2		10 000	0,5	0,0	0,2
5		100	0,9	-0,4		10 001	0,8	0,7	1,1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : \pm 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Inicial Final

Temp. (°C) 26,5 26,4

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				\pm emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	
100,0	100	0,6	-0,1		200	0,8	-0,3	-0,2	10
200,0	200	0,5	0,0	0,1	1 000	0,9	-0,4	-0,3	10
1 000,0	1 000	0,7	-0,2	-0,1	2 000	0,5	0,0	0,1	10
2 000,0	2 000	0,8	-0,3	-0,2	5 000	0,7	-0,2	-0,1	10
5 000,0	5 000	0,5	0,0	0,1	7 000	0,6	-0,1	0,0	20
7 000,0	7 000	0,9	-0,4	-0,3	10 000	0,8	-0,3	-0,2	20
10 000,0	10 000	0,7	-0,2	-0,1	15 000	0,7	-0,2	-0,1	20
15 000,0	15 000	0,6	-0,1	0,0	20 000	0,5	0,0	0,1	20
20 000,0	20 000	0,8	-0,3	-0,2	25 000	0,9	-0,4	-0,3	30
25 000,0	25 000	0,5	0,0	0,1	30 000	0,7	-0,2	-0,1	30
30 000,0	30 000	0,7	-0,2	-0,1					

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 1,05 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{1,98 \times 10^{-1} g^2 + 2,07 \times 10^{-9} \times R^2}$$

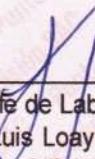
R : Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_0 : Error en cero E_c : Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-468-2025

Página: 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de Emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES
ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : NVT6201ZH

Número de Serie : 8342450050

Alcance de Indicación : 6 200 g

División de Escala
de Verificación (e) : 1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2025-03-08

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

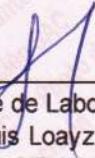
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	26,4	26,5
Humedad Relativa	65,0	66,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	0020-MPES-C-2025
	Pesa (exactitud F1)	0297-MPES-C-2025

7. Observaciones

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 24 °C a 31 °C.

El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1=	Inicial			Final		
		Temp. (°C)	26,5	26,5	Temp. (°C)	26,5	26,5
1	3 100,0	I (g)	0,05	E (g)	6 200,0	0,08	-0,04
2	3 100,0	I (g)	0,09	E (g)	6 200,0	0,05	-0,01
3	3 100,0	I (g)	0,07	E (g)	6 200,0	0,09	-0,05
4	3 100,0	I (g)	0,06	E (g)	6 199,9	0,03	-0,09
5	3 099,9	I (g)	0,04	E (g)	6 199,9	0,02	-0,08
6	3 099,9	I (g)	0,02	E (g)	6 199,9	0,04	-0,10
7	3 100,0	I (g)	0,05	E (g)	6 199,9	0,02	-0,08
8	3 100,0	I (g)	0,08	E (g)	6 200,0	0,06	-0,02
9	3 100,0	I (g)	0,06	E (g)	6 200,0	0,05	-0,01
10	3 100,0	I (g)	0,07	E (g)	6 200,0	0,08	-0,04
Diferencia Máxima			0,09			0,09	
Error máximo permitido			± 3 g		± 3 g		0,09





Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Inicial Final

Temp. (°C) 26,5 26,5

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E_0 (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)
1	10,00	10,0	0,07	-0,02	2 000,00	1 999,9	0,03	-0,08	-0,06
2		10,0	0,05	0,00		1 999,8	0,04	-0,19	-0,19
3		9,9	0,04	-0,09		1 999,9	0,02	-0,07	0,02
4		10,0	0,06	-0,01		2 000,0	0,05	0,00	0,01
5		10,0	0,07	-0,02		1 999,0	0,04	-0,99	-0,97

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : \pm 3 g

ENSAYO DE PESAJE

Inicial Final

Temp. (°C) 26,5 26,4

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				\pm emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	
10,00	10,0	0,07	-0,02		20,0	0,08	-0,03	-0,01	1
20,00	20,0	0,05	0,00	0,02	50,0	0,06	-0,01	0,01	1
50,00	50,0	0,09	-0,04	-0,02	499,9	0,04	-0,09	-0,07	1
500,00	500,0	0,07	-0,02	0,00	699,9	0,02	-0,07	-0,05	2
700,00	700,0	0,06	-0,01	0,01	999,9	0,03	-0,08	-0,06	2
1 000,00	999,9	0,04	-0,09	-0,07	1 499,9	0,04	-0,09	-0,07	2
1 500,00	1 499,9	0,02	-0,07	-0,05	1 999,8	0,03	-0,18	-0,16	2
2 000,00	1 999,9	0,04	-0,09	-0,07	3 999,8	0,02	-0,18	-0,16	3
4 000,01	3 999,9	0,03	-0,09	-0,07	4 999,8	0,03	-0,19	-0,17	3
5 000,01	4 999,9	0,02	-0,08	-0,06	6 199,9	0,04	-0,10	-0,08	3
6 200,01	6 199,9	0,04	-0,10	-0,08					

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 2,20 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{3,80 \times 10^{-3} g^2 + 2,11 \times 10^{-8} \times R^2}$$

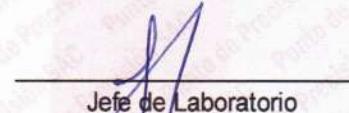
R : Lectura de la balanza AL: Carga incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-128-2025

Página : 1 de 2

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : EQUIPO DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Marca : NO INDICA
Modelo : NO INDICA
Serie : NO INDICA

Marca de Contómetro : AUTONICS
Modelo de Contómetro : CT4S-1P
Serie de Contómetro : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

8 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

Calibración efectuada según norma ASTM C131 Y C 535

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	TC-16333-2024	INACAL - DM
REGLA	MITUTOYO	1AD-0152-2025	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2025	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

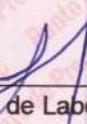
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,8	27,8
Humedad %	66	66

7. Observaciones

Los resultados se muestran en la siguiente página del presente documento.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-128-2025

Página : 2 de 2

EQUIPO DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Dimensiones del Tambor

DIÁMETRO	ANCHO
720 mm	475 mm

Peso de Esfera 1

PESO DE ESFERAS	g
415,03	g

DIÁMETRO DE ESFERAS	mm
47,00	mm

Peso de Esfera 2

418,01	g
--------	---

46,97	mm
-------	----

Peso de Esfera 3

414,07	g
--------	---

46,87	mm
-------	----

Peso de Esfera 4

417,03	g
--------	---

47,08	mm
-------	----

Peso de Esfera 5

420,11	g
--------	---

46,46	mm
-------	----

Peso de Esfera 6

416,08	g
--------	---

46,79	mm
-------	----

Peso de Esfera 7

416,05	g
--------	---

47,04	mm
-------	----

Peso de Esfera 8

418,02	g
--------	---

46,24	mm
-------	----

Peso de Esfera 9

416,01	g
--------	---

46,20	mm
-------	----

Peso de Esfera 10

430,04	g
--------	---

47,77	mm
-------	----

Peso de Esfera 11

430,13	g
--------	---

47,68	mm
-------	----

Peso de Esfera 12

412,09	g
--------	---

46,63	mm
-------	----

Total

5022,67	g
---------	---

NUMERO DE VUELTAS DEL TAMBOR

31 rpm

SEGÚN ESPECIFICACIONES DE LA NORMA DE ENSAYO ASTM C131 y C 535

EL PESO DE LAS ESFERAS DEBEN ESTAR ENTRE 390g a 445g

NUMERO DE VUELTAS ENTRE 30 rpm y 33 rpm

PESO TOTAL DE LAS 12 ESFERAS 5000 g ± 25g

DIÁMETRO DE ESFERAS ENTRE 46,38 mm a 47,63 mm

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1519-2025

Página : 1 de 3

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : EQUIPO DE ANGULARIDAD PARA AGREGADO FINO

Marca : AG4

Modelo : AA-1

Serie : 013

Material : ALUMINIO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
8 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

Por Comparación tomando como referencia la Norma ASTM B 88.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	TC-16333-2024	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,8	27,8
Humedad %	70	70

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la siguiente página del presente documento.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

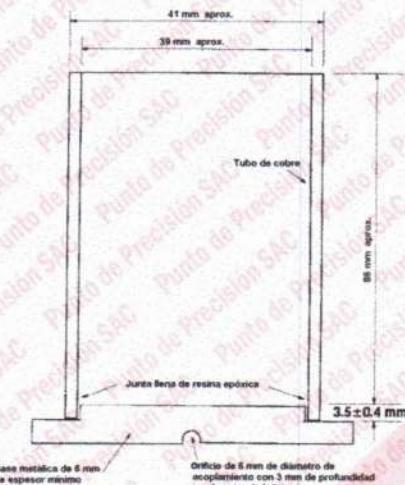
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1519-2025

Página : 2 de 3

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES

Nº DE MEDICIONES	DIÁMETRO DEL CILINDRO		ALTURA
	mm	mm	
1	38,72	83,65	
2	38,98	83,76	
3	38,78	83,62	
4	38,73	83,60	
5	38,78	83,82	
6	38,86	83,82	
PROMEDIO	38,81	83,71	
ESTÁNDAR	39,00	86,00	
ERROR	-0,19	-2,29	
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	99 ml		




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





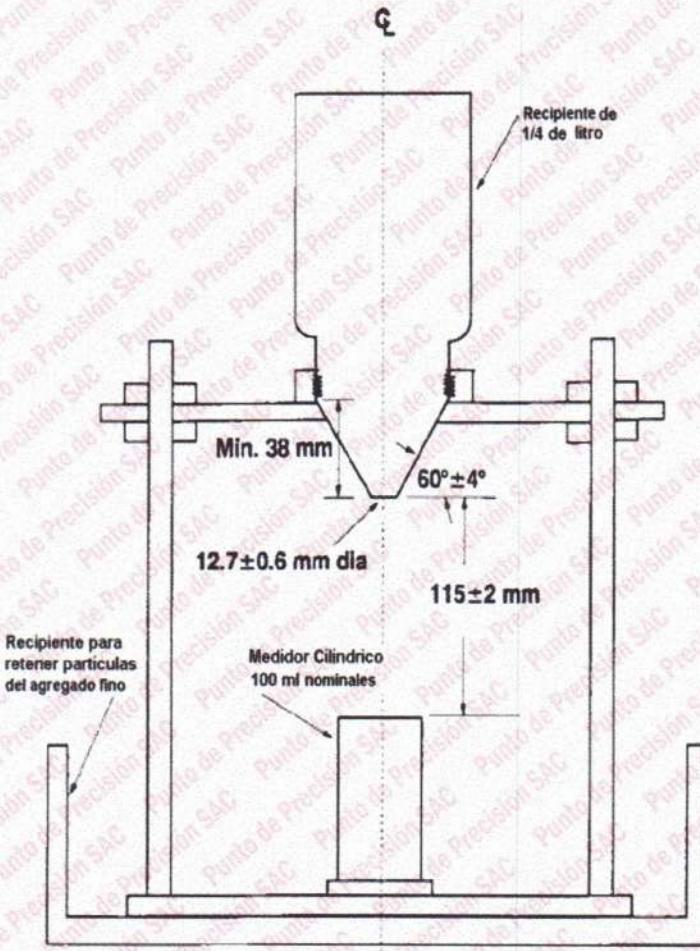
Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1519-2025

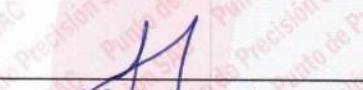
Página : 3 de 3



DIMENSIONES	PENDIENTE	DIÁMETRO INFERIOR DEL CONO		ALTURA DEL DIÁMETRO AL BORDE SUPERIOR DEL CILÍNDRO
		GRADOS	mm	
ESTANDAR	60	12,4	114,58	
ESTANDAR	60	12,7	115	
ERROR	0	-0,3	-0,42	
TOLERANCIA (±)	4	0,6	2	

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1512-2025

Página : 1 de 2

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitudante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : CHATAS Y ALARGADAS

Marca : NO INDICA

Serie : 110

Material : HIERRO

Color : PLATEADO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

8 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

Por Comparación, tomando como referencia la norma ASTM-4791

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	TC-16333-2024	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

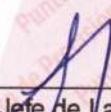
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,6	27,6
Humedad %	70	70

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la siguiente página del presente documento.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

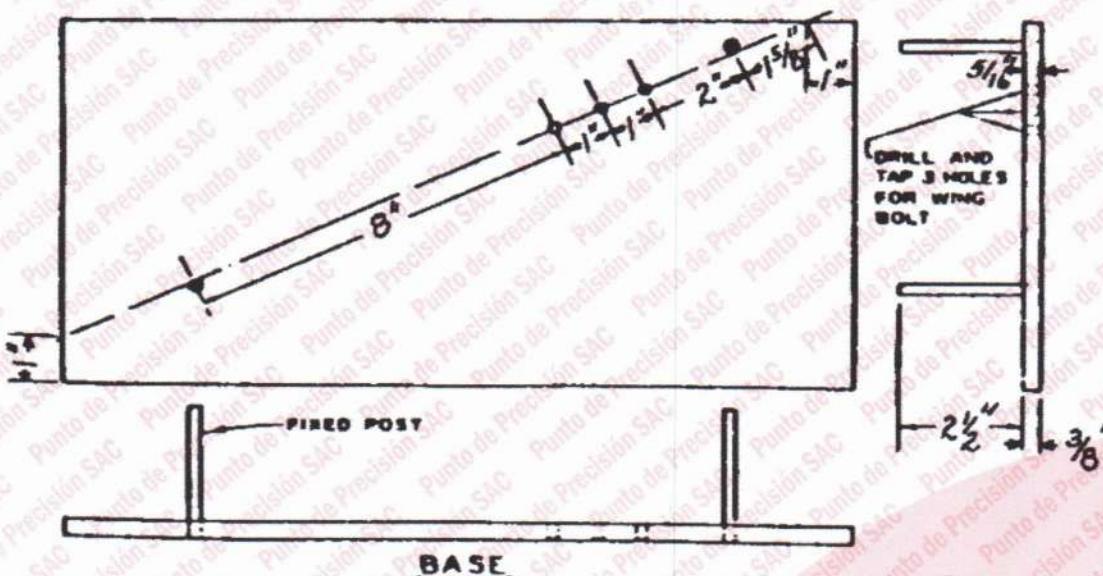
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Resultados

Medidas según Norma	Valor tomado	Error
mm	mm	mm
203,2	203,96	0,76
25,4	25,90	0,50
25,4	25,94	0,54
50,8	51,37	0,57

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1512-2025

Página : 2 de 2



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG-050-2025

Página : 1 de 2

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : PROBETAS DE EQUIVALENTE DE ARENA

Alcance de Indicación : 0 pulg a 15 pulg

División de Escala : 0,1 pulg

Marca : FORNEY

Modelo : LA-3551

Serie : NO INDICA

Material : PLÁSTICO

Cantidad : 4

Código de Identificación : 1 ; 2 ; 3 ; 4

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

8 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

La calibración se efectuo por el método de comparación utilizando patrones certificados.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
REGLA	MITUTOYO	1AD-0152-2025	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,7	27,7
Humedad %	70	70

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la siguiente página del presente documento.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LG-050-2025

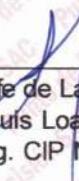
Página : 2 de 2

Resultados :

ITEM	N° DE STIKER	ALCANCE DE MEDIDA	DIVISIÓN MINIMA	VALOR NOMINAL	VALOR ENCONTRADO	DESVIACIÓN
		pulg				
1	LL-1514	15	0,1	15,0	15,0	0,0
2	LL-1515	15	0,1	15,0	15,0	0,0
3	LL-1516	15	0,1	15,0	15,0	0,0
4	LL-1517	15	0,1	15,0	15,0	0,0
5	LL-1518	PESO DE BRONCE			1000,00 g	

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-250-2025

Página : 1 de 2

Expediente : 137-2025
Fecha de emisión : 2025-03-11

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : TERMÓMETRO

Indicación : DIGITAL

Intervalo de Indicación : -50 °C a 300 °C ; -58 °F a 572 °F

Resolución : 0,1 °C ; 0,1 °F

Marca : WMETERS

Modelo : TP101

Serie : NO INDICA

Elemento Sensor : UNA TERMORRESISTENCIA DE PLATINO

Código de Identificación : 18

Longitud de Bulbo : 30,0 cm

Punto de Precisión S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
10 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

La calibración se efectuo por comparación directa siguiendo el procedimiento de calibración PC - 017 "Procedimiento para la calibración de Termómetros Digitales".

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-241-2024	INACAL - DM

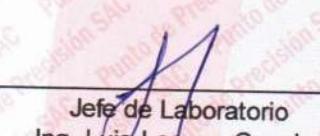
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,0	27,2
Humedad %	59	58

7. Observaciones

Los resultados se muestran en la página siguiente, tiempo de estabilización del Termómetro no menor a 10 minutos.
La Incertidumbre a sido determinada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95 %.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-250-2025

Página : 2 de 2

Resultados

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
140,2	139,45	-0,75	0,083
151,3	150,36	-0,94	0,083
159,8	158,89	-0,91	0,084

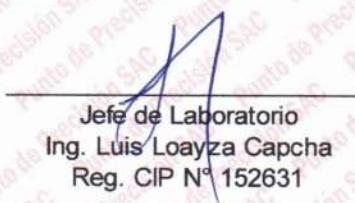
LA TEMPERATURA CONVENCIONAL VERDADERA (TCV) RESULTA DE LA RELACIÓN
TCV = INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO + CORRECCIÓN

Nota 1.- La profundidad de inmersión del sensor fue de 25 cm aproximadamente.

Nota 2.- Tiempo de estabilización no menor a 10 minutos.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1040-2024

Página : 1 de 2

Expediente : 113-2024
Fecha de emisión : 2024-03-15

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : MARTILLO DE COMPACTACIÓN
ESTABILIDAD MARSHALL

Capacidad : 10 lb

Marca : NO INDICA

Serie : NO INDICA

Material : HIERRO

Color : PLATEADO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
12 - MARZO - 2024

4. Método de Calibración

Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 6926.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	DM23-C-0239-2023	INACAL - DM
REGLA	MITUTOYO	1AD-1432-2023	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2024	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,9	27,9
Humedad %	66	66

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

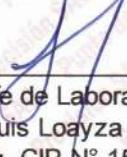
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1040-2024

Página : 2 de 2

Resultados de Calibración

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA	PESO	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO
			mm
1	457	4550,21	98,58
2	457	4550,21	98,55
3	457	4550,21	98,56
4	457	4550,21	98,58
5	457	4550,21	98,55
6	457	4550,21	98,56
PROMEDIO	457,0	4550,21	98,56
ESTÁNDAR	457,0	4540	98
ERROR	0,0 mm	10,2 g	0,56 mm

FIN DEL DOCUMENTO


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-337-2025

Página : 1 de 2

Expediente	: 137-2025
Fecha de emisión	: 2025-03-11
1. Solicitante	: KAE INGENIERIA S.A.C.
Dirección	: PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
2. Descripción del Equipo	: MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA MARSHALL)
Marca de Prensa	: NO INDICA
Modelo de Prensa	: NO INDICA
Serie de Prensa	: NO INDICA
Marca de Celda	: KELI
Modelo de Celda	: FED-A
Serie de Celda	: AY03729
Capacidad de Celda	: 5 t
Marca de Indicador	: HIGH WEIGHT
Modelo de Indicador	: 315-X2
Serie de Indicador	: 01822428

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
8 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS		SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 217	

6. Condiciones Ambientales

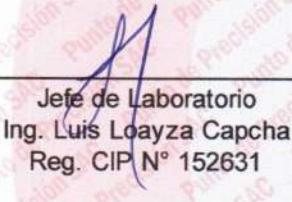
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,8	27,8
Humedad %	65	65

7. Observaciones

Los resultados se muestran en la siguiente página del presente documento.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-337-2025

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	497,20	497,65	0,56	0,47	497,43	0,52	-0,09
1000	999,65	999,40	0,04	0,06	999,53	0,05	0,03
1500	1499,70	1499,85	0,02	0,01	1499,78	0,02	-0,01
2000	2000,15	2000,70	-0,01	-0,04	2000,43	-0,02	-0,03
2500	2502,30	2501,95	-0,09	-0,08	2502,13	-0,08	0,01
3000	3004,60	3004,40	-0,15	-0,15	3004,50	-0,15	0,01
3500	3506,25	3506,70	-0,18	-0,19	3506,48	-0,18	-0,01
4000	4008,60	4009,25	-0,21	-0,23	4008,93	-0,22	-0,02

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

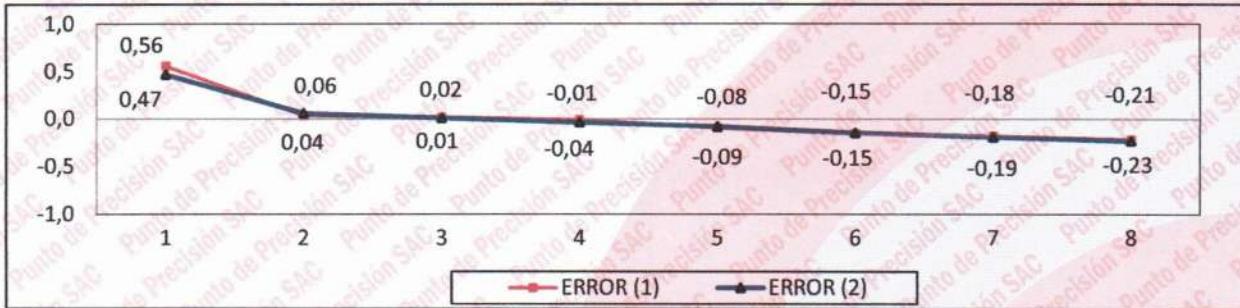
Ecuación de ajuste : $y = 0,9969x + 4,6144$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1



GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP-N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-335-2025

Página : 1 de 2

Expediente	: 137-2025
Fecha de emisión	: 2025-03-11
1. Solicitante	: KAE INGENIERIA S.A.C.
Dirección	: PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
2. Descripción del Equipo	: VACUOMETRO DE BOMBA DE VACÍO
Marca de Equipo	: NO INDICA
Modelo de Equipo	: NO INDICA
Serie de Equipo	: NO INDICA
Alcance de Escala	: -30 inHg a 0 inHg ; -1 bar a 0 bar
División de Escala	: 0,5 inHg ; 0,02 bar
Marca de Vacuometro	: WINTERS
Modelo de Vacuometro	: PFQ SERIES
Serie de Vacuometro	: Z01024
Posición de Trabajo	: NO INDICA
Marca de Bomba de Vacio	: VALUE
Modelo de Bomba de Vacio	: VE260ND
Serie de Bomba de Vacio	: PG1908

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

8 de marzo de 2025

4. Método de Calibración

Por Comparación tomando como referencia el procedimiento de calibración PC-004 del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
MANOVACUÓMETRO	ADDITEL	LFP-079-2024	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,9	27,9
Humedad %	65	65

7. Observaciones

Los resultados se muestran en la siguiente página del presente documento.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-335-2025

Página : 2 de 2

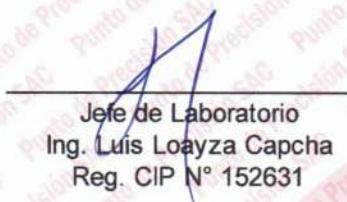
Resultados

PRESIÓN INDICADA VACUÓMETRO A CALIBRAR	PRESIÓN INDICADA VACUÓMETRO PATRÓN		ERROR		
	ASCENSO	DESCENSO	DE INDICACIÓN		DE HISTÉRESIS
			ASCENSO	DESCENSO	
bar	bar	bar	bar	bar	bar
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
-0,1000	-0,0401	-0,0402	-0,0599	-0,0598	-0,0001
-0,2000	-0,1405	-0,1407	-0,0595	-0,0593	-0,0002
-0,3000	-0,2409	-0,2411	-0,0591	-0,0589	-0,0002
-0,4000	-0,3411	-0,3414	-0,0589	-0,0586	-0,0003
-0,5000	-0,4603	-0,4606	-0,0397	-0,0394	-0,0003
-0,6000	-0,5405	-0,5608	-0,0595	-0,0392	-0,0203
-0,7000	-0,6407	-0,6409	-0,0593	-0,0591	-0,0002
-0,8000	-0,7413	-0,7417	-0,0587	-0,0583	-0,0004
-0,9000	-0,8403	-0,8404	-0,0597	-0,0596	-0,0001

MAXIMO ERROR DE INDICACIÓN:	-0,0599	bar
MAXIMO ERROR DE HISTÉRESIS:	-0,0203	bar
La incertidumbre de la medición es de	0,0005	bar

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

EMULSIÓN LENTA

DESCRIPCIÓN

- Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (CSS-1H), tiene muy buena habilidad para mezclar con los agregados, es decir el asfalto demora un buen tiempo en sufrir coalescencia, el tiempo de rotura le permite alcanzar una buena trabajabilidad. Esta emulsión esta dentro de la clasificación de Norma Peruana NTP 321.059 (Especificaciones para emulsiones asfálticas catiónicas) y la Norma Española 322.
- Estas emulsiones están diseñadas para reaccionar lentamente con el agregado y revertir del estado de emulsión al de asfalto.

APLICACIONES

- Slurry Seal, micropavimentos, mezclas densas, riegos de liga, tratamientos de fisuras y grietas, etc. (previa recomendación del proveedor)

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

• Composición	:	Asfalto y agua
• Color	:	Marrón oscuro
• Aspecto	:	Líquido viscoso
• Gravedad específica a 20 °C	:	0.95 - 1.00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA EMULSION CSS-1H

	VALORES	ESPECIFICACIONES
• Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C, s	22	20 - 100
• Carga de partículas	POSITIVO	POSITIVO
• Contenido de Agua (en volumen), %	39.5	40 máx.

DESTILACIÓN

• Betún Asfáltico Residual, %	60.5	60 min.
• Contenido de Disolvente por Destilación, %	0.0	0.0 máx.
• Sedimentación, 7 días, %	4.0	5.0 % máx.(1)
• Tamizado (Retenido en T-20)%	0.05	0.1 % máx.
• Estabilidad almacenamiento 24 hrs., %	0.6	1.0 % máx.
• Mezcla con Cemento, %	(*)	2.0 máx.

(1) La Norma NTP. 321.059 indica un valor $>=0.10$, cuando debe decir $<=0.10$ de acuerdo a la Normas Española 322 y ASTM D-2397

(*) La Norma ASTM D244 establece que se debe usar el cemento portland tipo III que no se produce en el País, por lo tanto este ensayo no se realiza.

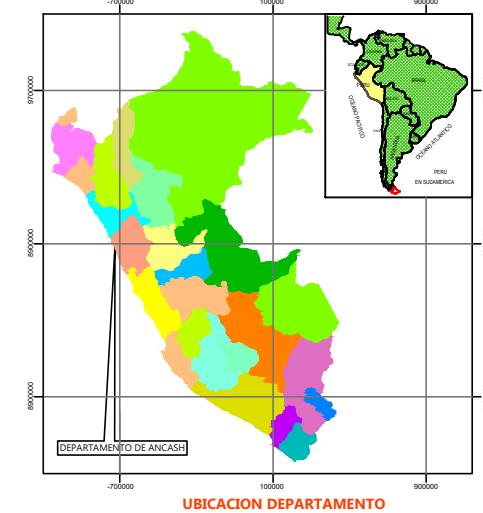
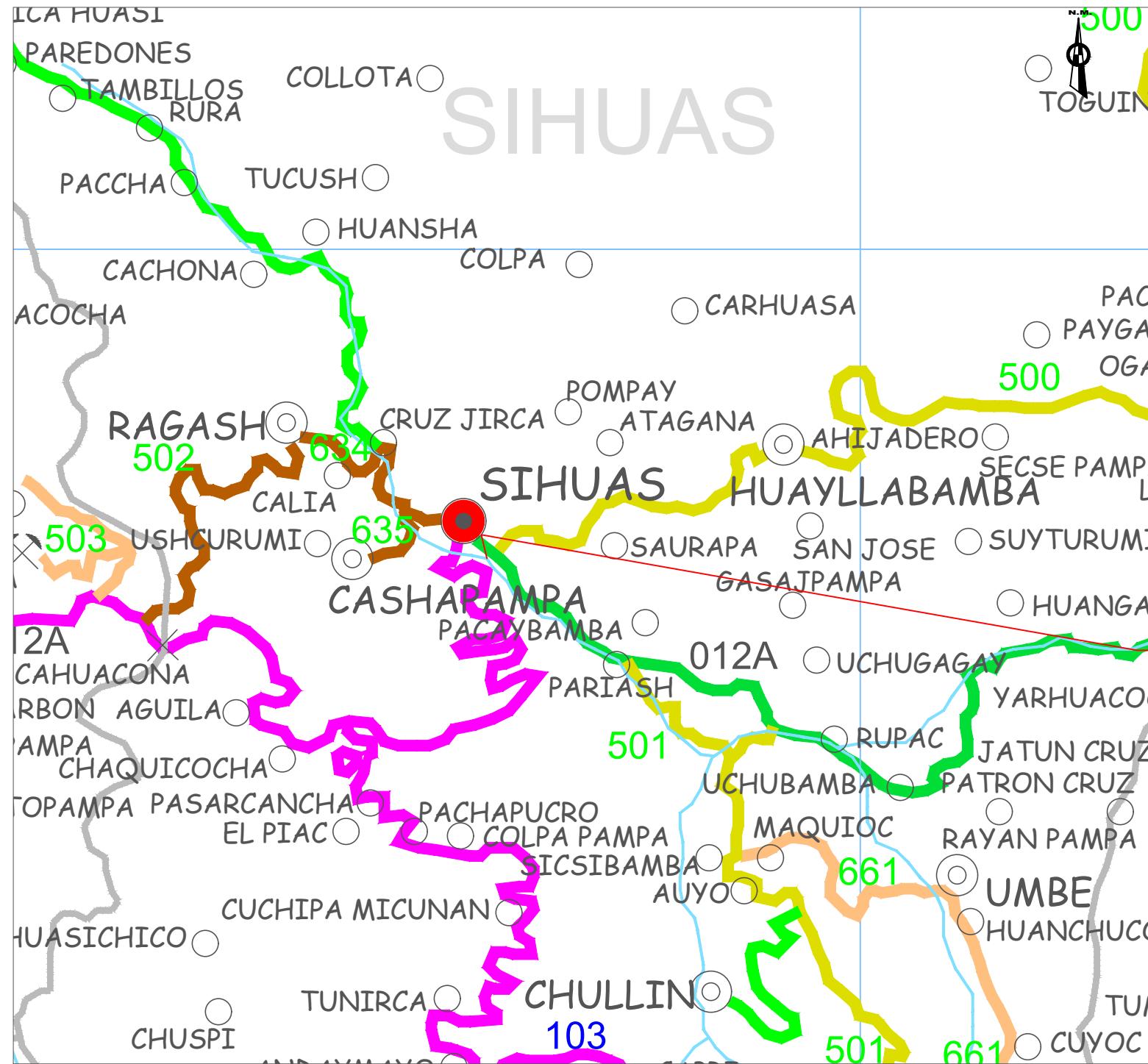
RESIDUO POR EVAPORACION A 163°C.

Penetración (25°C, 100g, 5s), 0.1mm.	52	50 - 90
Punto de Ablandamiento (AYB), °C	58	55 min.
Ductilidad, 25 °C, 5 cm./min., cm.	17	$>= 10$
Recuperación elástica (25°C, Torsión), %	18	>12

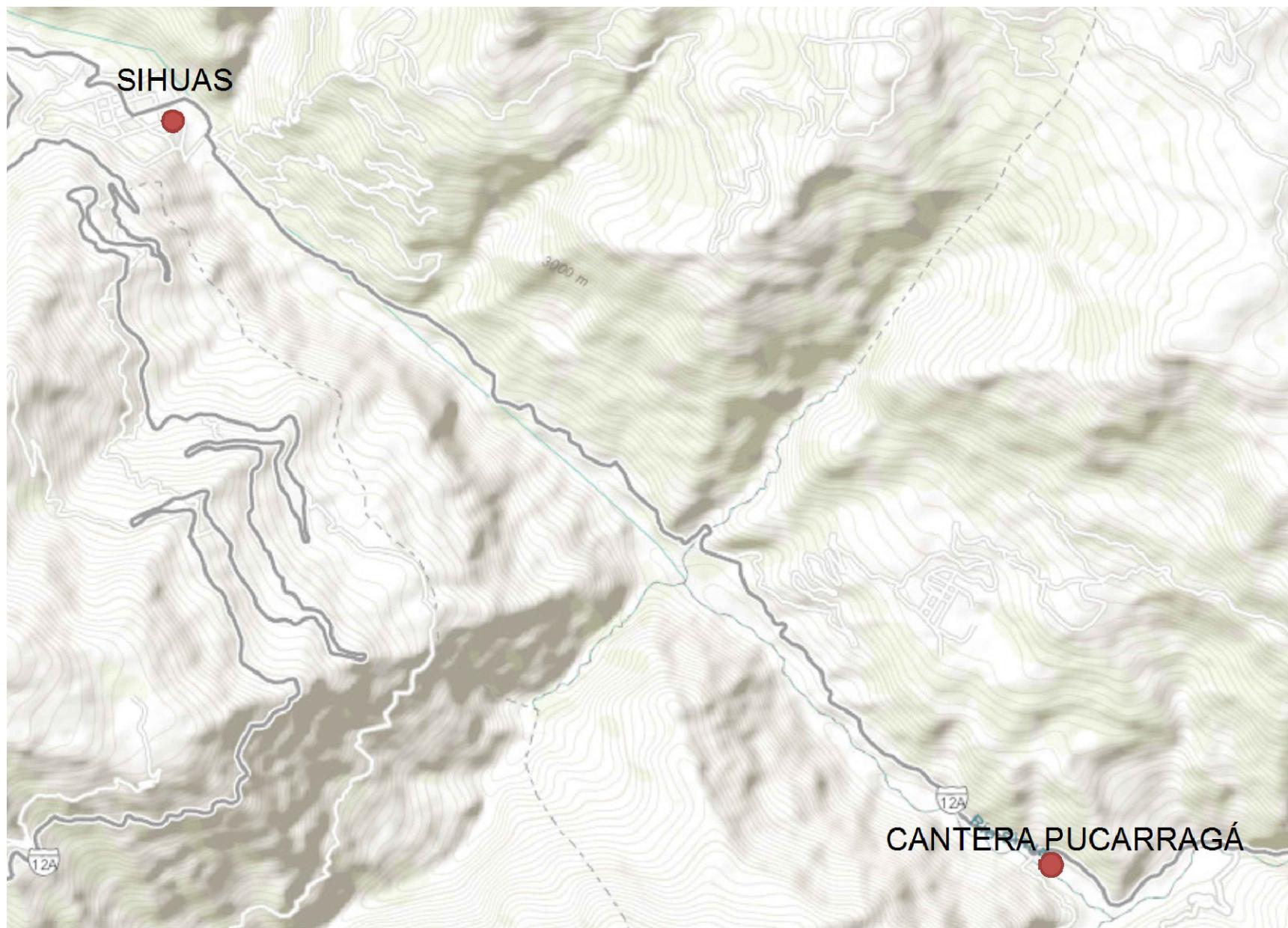
(*) Estas Emulsiones con residuos de destilación más duros se designan con el tipo correspondiente, seguido de la letra d.

Se almacena en cisternas o cilindros metálicos a una temperatura de 10 °C a 50 °C, con agitación suave periódica si estan en cilindros y recirculación con bomba cuando esta en cisternas. Ver la hoja de manejo de emulsión.

Anexo 4: Plano de Ubicación de Cantera



TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO INCORPORANDO FIBRA DE VIDRIO - SIHUAS, ÁNCASH 2024"	
PLANO:	PLANO DE UBICACIÓN DE CANTERA PUCARRAGÁ	
RESPONSABLE:		
ELABORADO:		
FIRMA:	LAMINA:	U-01
FECHA:	2025	
ESCALA:	INDICADA	
DISEÑOS CAD.:		



TESIS:	
" EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO INCORPORANDO FIBRA DE VIDRIO - SIHUAS, ÁNCASH 2024"	
UBICACIÓN: SIHUAS - SIHUAS - ANCASH	
DISTRITO: SIHUAS	
PROVINCIA: SIHUAS	
DPTO-REGION: ANCASH	
PAÍS: PERU	
TESISTA: Bach. VILLANUEVA CAPILO JAIRO ALBERTO	
OBSERVACION:	
PLANO: PLANO DE UBICACIÓN DE CANTERA PUCARRAGÁ	
RESPONSABLE :	
ELABORADO :	
FIRMA:	LAMINA: U-02
FECHA: 2025	
ESCALA: INDICADA	
DISEÑOS CAD. :	