



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en  
las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

**AUTORAS:**

Mamani Coayla, Evelyn Rosario (orcid.org/0000-0002-7117-3289)

Villanueva Valeriano, Winnie Linette (orcid.org/0000-0002-4022-1110)

**ASESOR:**

Dr. Ascoy Flores, Kevin Arturo (orcid.org/0000-0003-2452-4805)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Leonel y Eva por apoyarme y motivarme a realizar este increíble paso en mi carrera. A mi hijo Gareth por ser mi motivo principal e inspirarme a crecer día a día.

Villanueva Valeriano, Winnie Linette

Dedico esta tesis a mi familia que comparte conmigo todos mis triunfos. A mis Padres Sara y Willy, por motivarme a cumplir mis metas profesionales y salir adelante y a mis hermanos Marcos y Miguel, por apoyarme en todo momento. A mis abuelitos Teofilo y Dionisia por sus consejos y gran apoyo incondicional, a mis tías Yovanna y Lourdes por su cariño desde siempre.

Mamani Coayla, Evelyn Rosario

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por cuidarme y haberme guiado por el buen camino. A mis padres por no dejarme sola y haberme apoyado en todo este tiempo, por los valores que me inculcaron. Agradezco a mi hijo Gareth por darme mucho amor y ser un motivo de lucha y perseverancia. Villanueva Valeriano, Winnie Linette

Agradezco a Dios por permitirme gozar de vida y salud. A mis padres por su cariño y enseñanzas hasta el día de hoy, que me motivan a seguir cumpliendo mis objetivos profesionales y personales; a mis hermanos por apoyarme y cuidarme. A mis abuelitos y mis tías, por alentarme a ser mejor persona y estar presentes en mi vida.

Mamani Coayla, Evelyn Rosario



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ASCOY FLORES KEVIN ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis Completa titulada: "INFLUENCIA PORCENTUAL DE ADICIÓN DE POLVO DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - 2023", cuyos autores son VILLANUEVA VALERIANO WINNIE LINETTE, MAMANI COAYLA EVELYN ROSARIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 21 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ASCOY FLORES KEVIN ARTURO DNI: 46781063 ORCID: 0000-0003-2452-4805	Firmado electrónicamente por: KASCOY el 21-12- 2023 20:16:15

Código documento Trilce: TRI - 0705169





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MAMANI COAYLA EVELYN ROSARIO, VILLANUEVA VALERIANO WINNIE LINETTE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "INFLUENCIA PORCENTUAL DE ADICIÓN DE POLVO DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
VILLANUEVA VALERIANO WINNIE LINETTE <b>DNI:</b> 70301309 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4022-1110	Firmado electrónicamente por: WIVILLANUEVAVA el 06-01-2024 13:24:41
MAMANI COAYLA EVELYN ROSARIO <b>DNI:</b> 72320694 <b>ORCID:</b> 0000-0002-7117-3289	Firmado electrónicamente por: EVMAMANICO el 07-01-2024 12:39:44

Código documento Trilce: INV - 1426426

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
III. METODOLOGÍA.....	26
III.1. Tipo y diseño de investigación.....	26
III.2. Variables y operacionalización.....	26
III.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	29
III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
III.5. Procedimientos.....	31
III.6. Método de análisis de datos.....	46
III.7. Aspectos éticos.....	47
IV. RESULTADOS.....	48
V. DISCUSIÓN.....	55
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de Variables	15
Tabla 2 Obtención de la población	16
Tabla 3 Resumen de los resultados generales y promedios	35
Tabla 4 Resultados del objetivo específico para la probeta 01	36
Tabla 5 Resultados del objetivo específico para la probeta 02	36
Tabla 6 Resultados del objetivo específico para la probeta 03	37
Tabla 7 Resultados del objetivo específico 02 para la probeta 01	37
Tabla 8 Resultados del objetivo específico 02 para la probeta 02	38
Tabla 9 Resultados del objetivo específico 02 para la probeta 03	38
Tabla 10 Resultados del objetivo específico 03 para la probeta 01	39
Tabla 11 Resultados del objetivo específico 03 para la probeta 02	39
Tabla 12 Resultados del objetivo específico 03 para la probeta 03	39
Tabla 13 Resultados del objetivo específico 04 para la probeta 01	40
Tabla 14 Resultados del objetivo específico 04 para la probeta 02	40
Tabla 15 Resultados del objetivo específico 04 para la probeta 03	40

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1 Obtención de Materiales	19
Figura 2 Muestreo de Agregado Grueso	20
Figura 3 Muestreo de Agregado Fino	20
Figura 4 Análisis Granulométrico	21
Figura 5 Análisis Granulométrico	22
Figura 6 Peso Específico	23
Figura 7 Absorción	23
Figura 8 Secado al horno	24
Figura 9 Fiola con extractor de aire	26
Figura 10 Integración de agregados	27
Figura 11 Incorporación del ligante asfáltico	27
Figura 12 Adición del PCR	28
Figura 13 Muestra en el molde	28
Figura 14 Compactación	29
Figura 15 Medición de Probetas	30
Figura 16 Colocación de probeta	30
Figura 17 Aplicación de Ensayo Rice	31
Figura 18 Aplicación de Ensayo Rice	31
Figura 19 Ensayo de Lottman	32
Figura 20 Rotura de Probeta	33
Figura 21 Aplicación de carga en Probeta	33



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general, determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023. Cuya metodología corresponde al tipo de Investigación de Laboratorio, con un Diseño de Investigación Cuasi Experimental, con una población de 72 probetas de asfalto, la técnica de recolección de datos es la Observación y el Instrumento es la Ficha de Observación de Ensayos de Laboratorio. Mediante los métodos empleados Marshall y Lottman, adicionando polvo de caucho reciclado en mezclas asfálticas en porcentajes de: 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% se obtuvieron los siguientes resultados según sus objetivos: Para el primer objetivo específico se tuvo como mejor resultado una resistencia de 98.9kg/cm<sup>2</sup> ; como segundo objetivo se tuvo como mejor resultado que fue 6.83 kn; para el tercer objetivo específico se tuvo como mejor resultado 12.09 mm, y como cuarto objetivo específico se tuvo como mejor resultado 3.78%.

Conclusión, la adición de PCR en porcentajes de 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%, siendo el mejor resultado el 15% de adición de PCR que cumple con la normativa aplicada en el Manual de Carreteras EG-2013

Palabras clave: PCR, Método de Marshall y Lottman, mezclas asfálticas.

## **ABSTRACT**

The general objective of this research is to determine the influence of the percentage of recycled rubber powder addition on the mechanical properties of asphalt mixes - 2023. Whose methodology corresponds to the type of Laboratory Research, with a Quasi Experimental Research Design, with a population of 72 asphalt specimens, the data collection technique is the Observation and the Instrument is the Observation Record of Laboratory Tests. Using the Marshall and Lottman methods, adding recycled rubber powder in asphalt mixtures in percentages of 10%, 12.5%, 15%, 17.5% and 20%, the following results were obtained according to their objectives: For the first specific objective, the best result was a resistance of 98.9kg/cm<sup>2</sup> ; the second objective had a best result of 6.83 kn; for the third specific objective, the best result was 12.09 mm, and the fourth specific objective had a best result of 3.78%.

Conclusion, the addition of PCR in percentages of 10%, 12.5%, 15%, 17.5% and 20%, being the best result the 15% of PCR addition that complies with the regulations applied in the Road Manual EG-2013.

Keywords: PCR, Marshall and Lottman method, asphalt mixtures

## I. INTRODUCCIÓN

La obtención de construcciones de vías de buena calidad día a día es condición imprescindible para el avance social y económico de áreas agrícolas y urbanas. A pesar de ello, las rutas están propensas a cambios climáticos y pesos de automóviles, entre otros medios de transporte, los cuales crean aberturas, fisuras, ahuellamiento, etc. Estas condiciones producen riesgo al momento de desplazarse y disminuyen el comportamiento del servicio, lo cual genera necesidad el cuidar y prevenir la protección del pavimento de manera rutinaria. Hesami et al., (2020)

Las mezclas asfálticas son utilizadas extensamente en la elaboración de pavimentos y carreteras como materiales compuestos. Su composición y propiedades influyen significativamente en el desempeño de la estructura vial, como el Peso de Carga Admisible, Durabilidad y Resistencia a la fractura por fatiga. Por lo cual, se han desarrollado diversas técnicas y estrategias para optimizar propiedades y cualidades de las mezclas bituminosas, entre las cuales se encuentra la inclusión de elementos reciclados, como por ejemplo el polvo de caucho.

En Perú, la integración de caucho en desuso no es una práctica común en la construcción de vías, a diferencia de otros países y ciudades que han tenido éxito en su uso. Esta acción es muy viable y conlleva a un ahorro sustancial en la aplicación de la mezcla asfáltica que incorpora caucho reciclado. Además, esta metodología está respaldada por las normativas de la ASTM, lo que la convierte en una alternativa de pavimentación muy atractiva para su adopción. Esto se debe a que la reutilización del caucho eleva los datos físico y mecánico del asfalto adaptable, lo que resulta en una optimización del rendimiento de la carretera.

Además, el uso de PCR en las combinaciones de asfalto, es una forma renovadora de construcción que permite utilizar residuos de neumáticos. Estos residuos son procesados en una serie de pasos para convertirlos en gránulos o polvo que se pueden ser adicionados a las mezclas bituminosas, refinando sus propiedades de manera significativa. Salazar (2019)

La problemática ambiental manifestó que hay un tanto por ciento de desechos sólidos procedentes de los residuos de material sintético como el caucho, estos residuos

afectan de manera perjudicial al entorno donde vivimos, contaminando inicialmente el aire, el cual principalmente son quemados a la intemperie o empleados al modo de energía renovable. Vargas, Córdoba y Rondón, (2016)

El empleo de PCR reciclado en las mezclas asfálticas no solo tiene beneficios para el desempeño de las estructuras viales, sino que también representa una oportunidad con el fin de aportar el cuidado al entorno que nos rodea. En el presente, la acumulación de neumáticos en desuso es un problema creciente que genera una importante contaminación, ya que estos neumáticos pueden tardar décadas en degradarse y su desecho inadecuado puede producir gases perjudiciales para nuestra salud y para nuestro entorno.

El PCR es un subproducto de neumáticos fuera de uso que se ha transformado en una opción interesante con el fin de optimizar las cualidades de las mezclas asfálticas. Diversas investigaciones han demostrado que añadiendo polvo de caucho reciclado puede mejorar la capacidad que tiene al desgaste, a la alteración estable y a las grietas de las mezclas asfálticas. No obstante, todavía no se ha determinado con precisión la cantidad adecuada de polvo de caucho reciclable que es necesario incorporar para optimizar el desempeño de las mezclas asfálticas.

Ante esta problemática, se presentó el siguiente problema general: ¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023? Y los problemas específicos son: ¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la resistencia de mezclas asfálticas-2023?, ¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas?, ¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el flujo de las mezclas asfálticas? y ¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas?

Por lo cual la **justificación teórica** de la investigación actual se apoya en el método Marshall, que nos ayudará a adquirir nuevos conocimientos acerca del impacto del PCR en las características mecánicas de las combinaciones de asfalto en términos de porcentajes.

Además, este estudio contribuirá a fomentar prácticas sustentables en las edificaciones. La **justificación práctica** es determinar de que manera precisa los efectos de distintos porcentajes de PCR en las cualidades mecánicas de los compuestos asfálticos, con el fin de establecer parámetros para su diseño y uso en la construcción de vías. El conocimiento adquirido en esta investigación contribuirá a optimizar el rendimiento y durabilidad del pavimento, al mismo tiempo que se promueven prácticas sostenibles en el sector de la construcción. Así mismo se tiene como justificación metodológica de este proyecto se enfoca en la realización de pruebas de probetas con diferentes porcentajes de adición de polvo de caucho reciclado, específicamente del 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%. Para lograr este objetivo, se utilizará el Método Marshall, una técnica ampliamente reconocida y aceptada para el propósito de diseñar y garantizar la clase de mezclas asfálticas

El **objetivo general** es determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023.**Objetivos específicos:** Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la resistencia de mezclas asfálticas-2023.Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas-2023.Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el flujo de las mezclas asfálticas-2023.Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas-2023.

Asimismo, se plantea como **hipótesis general** en este trabajo de investigación: La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023. Como **hipótesis específicas:** La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora la resistencia de mezclas asfálticas 2023.La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora la estabilidad de las mezclas asfálticas-2023.La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora el flujo de las mezclas asfálticas-2023.La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora el porcentaje

de vacíos de las mezclas asfálticas.

## II. MARCO TEÓRICO

Los **antecedentes internacionales**. Galarza y Tituaña (2022), en Ecuador, los investigadores llevaron a cabo un estudio con el propósito principal de evaluar el rendimiento de una combinación pavimentosa en frío modificada con polvo de caucho. Se utilizaron seis muestras para cada contenido de asfalto reciclado, y se aplicó el Método Marshall. Los resultados indicaron que al incorporar PCR en porcentajes del 0.25%, se logró una estabilidad de 2455.76 lb; para el 0.5%, la estabilidad fue de 2416.53 lb; para el 0.75%, la estabilidad alcanzó 2360.58 lb; para el 1%, se registró una estabilidad de 2302.65 lb; para el 1.25%, la estabilidad fue de 1821.04 lb; para el 2%, se adquirió una estabilidad de 1732.80 lb; y para el 3%, la estabilidad fue de 1345.69 lb. En conclusión, se determinó que el porcentaje óptimo de PCR fue del 0.25%, ya que porcentajes mayores afectaron negativamente las propiedades físicas y mecánicas.

Chamba y Benavides (2019), se desarrolló en la Libertad- Ecuador,

Los autores se propusieron principalmente determinar el porcentaje apropiado de neumáticos reciclados en la formulación de mezclas asfálticas, así como analizar su desempeño mediante el método de Marshall. En los resultados obtenidos, al incorporar caucho de llantas en desuso en la combinación asfáltica, se observaron los siguientes datos: para el 0.5%, se obtuvo una estabilidad de 2563.35 lb, un flujo de 13" y un PV de 3.912%; para el 1%, la estabilidad fue de 2218.09 lb, el flujo fue de 14" y el PV fue de 4.152%; para el 1.5%, se registró una estabilidad de 1849.82 lb, un flujo de 18" y un PV de 7.437%; para el 2%, la estabilidad alcanzó 1709.59 lb, con un flujo de 20" y un PV de 9.905%; y para el 2.5%, se obtuvo una estabilidad de 1582.39 lb, con un flujo de 22" y un PV de 11.628%. La conclusión extraída fue que las condiciones más óptimas en términos de estabilidad, flujo y otros parámetros Marshall analizados se lograron al emplear un porcentaje del 0.5% y 1% de neumáticos reciclados, resaltando su eficacia, especialmente en escenarios de tráfico intenso.

Ayala y Heredia (2019), quienes desarrollaron la investigación en el país de Ecuador, los autores se propusieron primordialmente investigar y analizar las repercusiones de incorporar caucho de neumáticos reciclados mediante un proceso en seco, en distintas proporciones, sobre las características y el comportamiento de las mezclas asfálticas. Estas evaluaciones se llevaron a cabo mediante pruebas tradicionales y de rendimiento, manteniendo intactas las propiedades fundamentales del asfalto y los agregados minerales. El estudio se concretó siguiendo un enfoque exploratorio, utilizando el método Marshall para realizar ensayos y diseñar muestras (probetas de asfalto) con añadiduras del 0%, 0.75% y 1.5% de caucho reciclado, con base en las cuales se determinaron las propiedades mecánicas, la estabilidad y la fluidez. Como efecto de la investigación, se observó que al incorporar un 0% de caucho, se logra una estabilidad de 4072 libras y un flujo de 13.3 mm. En cambio, al emplear un 0.75% de caucho, se obtiene una estabilidad de 3622 libras y un flujo de 18 mm, mientras que con un 1.5% de caucho, se alcanza una estabilidad de 2453 libras y un flujo de 20 mm. En consecuencia, se deduce que las proporciones porcentuales de caucho reciclado necesitan mantenerse por debajo del 0.75%, ya que con esta proporción las propiedades de las mezclas asfálticas mejoran, mientras que porcentajes superiores al 1.5% deterioran su comportamiento.

Morante (2019), las indagaciones se llevaron a cabo en el área urbana de Quito, Ecuador, con la finalidad principal de analizar cuál es el desempeño de la combinación de partículas de PCR derivados de neumáticos de caucho desechados con una específica gradación de partícula, junto con el compuesto proveniente del corte de pavimentos asfálticos reciclados (RAP), en diferentes proporciones de combinación a baja temperatura, como 1%, 1.5%, 2% y 2.5%, empleando emulsión bituminosa a modo de agente aglutinante, puede ser mejorado con el fin de incrementar la fortaleza y la longevidad de la superficie de rodaje que constituye parte integral de la composición del recubrimiento elástico flexible, utilizando el método de Marshall para realizar las pruebas, teniendo como resultados para 1% con estabilidad de 1121 lb y

flujo de 25", para 1.5% con estabilidad de 929 lb y flujo de 25", para 2% con estabilidad de 1039 lb y flujo de 23", concluyendo que La cantidad ideal que se debe emplear debería estar en el intervalo del 1% al 3% en relación a la masa de componentes del bloque de elaboración visual, que pesa 1100 gramos. Esto se debe a que exceder estos límites resulta en compactación externa de ladrillo y provoca la reducción de la sustancia.

Suarez (2019), los estudios de investigación tuvieron lugar en el área urbana de Bogotá, Colombia, con el objetivo central de aportar de manera sustancial a la sostenibilidad del planeta, mediante la aplicación de un producto proveniente de procesos de reciclaje. Las mezclas asfálticas fabricadas con Asfalto Caucho demostraron una notable resistencia tanto a la fatiga como a las deformaciones permanentes, lo que posibilitó la construcción de pavimentos duraderos y verdaderamente respetuosos con el medio ambiente. El autor obtuvo los siguientes resultados al incorporar PCR en distintos porcentajes a la composición asfáltica: con un 0.5%, se logró una Rigidez de 572.76 N/mm, una Estabilidad de 1586 N y un Flujo de 3.766 mm; para un 1%, se registró una Rigidez de 730 N/mm, una Estabilidad de 1683 N y un Flujo de 3.33 mm; con un 2%, se obtuvo una Rigidez de 795.6 N/mm, una Estabilidad de 1722 N y un Flujo de 3.15 mm; y para un 4%, se alcanzó una Rigidez de 675.47 N/mm, una Estabilidad de 1576 N y un Flujo de 3.20 mm. Al analizar cada nivel de adición, se estableció que para el 0.5%, el compuesto polimérico que mostró un mejor desempeño fue el PCR con un 5.0% y 6% de pavimento alterado. Para el 1% y 2%, el Caucho Industrial de Calzado (CIC) fue el más eficiente con un 5.0% y 6% de asfalto modificado. En el caso del 4%, el polímero más adecuado fue DCC con un 5.0%. Todos estos polímeros demostraron mejoras significativas en las propiedades de deformación y rigidez.

Verdezoto (2016), en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, el autor centró su investigación en la elaboración de una mezcla de asfalto modificado, llevando a cabo exhaustivos estudios de laboratorio, destinada a ser utilizada como capa superior en pavimentos flexibles, que incluye cemento asfáltico modificado y utiliza PCR derivado del



reaprovechamiento de neumáticos de vehículos, con la finalidad de potenciar las propiedades mecánicas y geológicas en comparación con las muestras convencionales. Utilizando el método de Marshall elaboró probetas adicionando el 5% y 10 % de caucho reciclado para evaluar las propiedades, teniendo como resultado para 5% con estabilidad de 3065.83 lb, flujo de 12" y PV de 4.04%; para 10% con estabilidad de 1951.33 lb, flujo de 9.33" y PV de 5.45%.

Como antecedentes nacionales se presentan los siguientes:

Clemente y Maquera (2022), los autores desarrollaron su investigación en la localidad de Moquegua, Perú. Quien tuvo como idea principal fue analizar de qué manera la integración de neumáticos descartados, mediante el método de Marshall y Lottman con un diseño de investigación puro tuvieron los resultados para 0% con Estabilidad de 793.2 kg, Flujo de 9 mm, PV de 3.08%, Resistencia 91.4 kg, para 2.50% con Estabilidad de 817.6 kg, Flujo de 9.6 mm, PV de 3.46%, Resistencia 97.08 kg, para 5% con Estabilidad de 850.3 kg, Flujo de 10.3 mm, PV de 3.85%, Resistencia 99.26 kg, para 10% con Estabilidad de 901.3 kg, Flujo de 11 mm, PV de 3.96%, Resistencia 106.04 kg, para 15% con Estabilidad de 937.4 kg, Flujo de 11.8 mm, PV de 4.32%, Resistencia 109.12 kg, para 20% con Estabilidad de 956.1 kg, Flujo de 12.6 mm, PV de 4.59%, Resistencia 106.24 kg, para 25% con Estabilidad de 965.7 kg, Flujo de 13.5 mm, PV de 4.92%, Resistencia 96.3 kg, para 30% con Estabilidad de 973.4 kg, Flujo de 14.4 mm, PV de 5.23%, Resistencia 73.44 kg, teniendo como conclusión de que la utilización de neumáticos fuera de uso es eficaz cuando se incorpora en bajos porcentajes junto con arena gruesa. Esto se debe a que aumentar las cantidades de incorporación dificulta la compactación, resultando en un efecto de rebote durante dicho proceso. Se desaconseja exceder el 10% de incorporación de neumáticos fuera de uso, ya que esto no cumpliría de acuerdo con las normas de calidad especificadas por la reglamentación.

Ramírez (2022), en la ciudad de Trujillo, Perú, el investigador se enfocó en su estudio con el objetivo central de examinar minuciosamente cómo la reutilización de caucho afecta las cualidades mecánicas de la combinación de mezcla bituminosa utilizando el

método de procesamiento en seco los resultados obtenidos por el autor incorporando caucho molido porcentualmente en una mezcla asfáltica tibia fueron para 1% con Estabilidad de 513 kg, PV de 4.64%, Flujo de 15 mm, para 1.5% con Estabilidad de 648 kg, PV de 4.22% Flujo de 17.04 mm, para 2% con Estabilidad de 375 kg, PV de 5.70%, Flujo de 18.03 mm, concluyendo incorporar aditivos a la composición asfáltica mediante la adición de un 0.5% de PCR, con el propósito de disminuir el nivel de humedad y prevenir la descomposición de la mezcla bituminosa, asegurando así una durabilidad apropiada.

Purizaca y Tolentino (2022), en Trujillo, Perú, los investigadores realizaron su estudio con el propósito principal de examinar cómo la incorporación de caucho reciclado afecta el desempeño de las cualidades mecánicas de la cubierta asfáltica, utilizando la prueba Marshall. Al incorporar porcentajes variables de PCR para mejorar las cualidades mecánicas de las mezclas asfálticas, los resultados obtenidos por los autores fueron los siguientes: con un 1%, se alcanzó una estabilidad de 946.3 kg, un flujo de 9.38 mm y un PV de 3.91%; para un 1.5%, se registró una estabilidad de 1005.44 kg, un flujo de 9.71 mm y un PV de 3.12%; con un 2%, se obtuvo una estabilidad de 1077.84 kg, un flujo de 10.53 mm y un PV de 3.12%; y para un 2.5%, se tiene una estabilidad de 1112.51 kg, un flujo de 11.72 mm y un % de vacíos en el asfalto (PV) de 4.91%. Fue posible observar que la incorporación de PCR en proporciones del 1%, 1.5%, 2%, y 2.5% en la mezcla asfáltica convencional condujo a mejoras sustanciales en sus características.

En lo que respecta a las características mecánicas, los análisis llevados a cabo indican que la integración de PCR genera un incremento en la capacidad para soportar a la exposición ambiental, una adherencia notable a la capa asfáltica, una mejora en la capacidad de absorción de sustancias, una mayor elasticidad para recuperar su forma original, una durabilidad óptima, así como una mayor resistencia estructural frente a esfuerzos generados por vehículos

Rivera y Tocto (2021), los investigadores llevaron a cabo su estudio en la localidad de Chiclayo., Perú, cuyo objetivo general fue analizar el impacto del polvo derivado de

neumáticos de caucho en la composición asfáltica destinada a pavimentar la Avenida Los Incas-Chiclayo en el año 2021, mediante el Método de Marshall y diseño de investigación experimental, teniendo como resultados obtenidos por el autor con la influencia porcentual del PCR en la mezcla asfáltica, para 0.5% con Estabilidad de 1287 kg, PV de 4.22%, Flujo de 3.30 mm, para 1% con Estabilidad de 1234 kg, PV de 4.92%, Flujo de 3.47 mm, para 1.5% con Estabilidad de 775 kg, PV de 6.29%, Flujo de 3.85 mm, para 2% con Estabilidad de 544 kg, PV de 8.11%, Flujo de 4.02 mm, concluyendo que el impacto del polvo de caucho en la composición asfáltica resulta beneficioso, ya que las mezclas modificadas con tan solo un 0.5% de caucho exhiben un aumento en su resistencia a las cargas axiales y en su capacidad de deformación en comparación con las mezclas convencionales.

Olarte (2020), cuya investigación tuvo lugar en la localidad de Lima, Perú, teniendo como objetivo general analizar las diferencias entre el pavimento utilizando mezcla asfáltica convencional y aquel que incorpora caucho reciclado, identificando aspectos comparativo, mediante el método de Marshall, teniendo como resultados obtenidos por el autor adicionando caucho reciclado porcentualmente en mezclas asfálticas, para 5% con Estabilidad de 963 kg, PV de 5.50%, flujo de 3.4 mm, para 10% con Estabilidad de 1005 kg, PV de 4.40%, flujo de 3.5 mm, para 15% con Estabilidad de 913 kg, PV de 7.40%, flujo de 3.2 mm; concluyendo que la utilización de pavimentos alterados mediante la incorporación de caucho reciclado resulta altamente beneficioso para su aplicación en carreteras, ya que contribuye significativamente a mejorar la composición

Boza (2020), cuya investigación se ejecutó en la localidad de Lima, Perú, con el propósito general de examinar las características que surgen al incorporar caucho reciclado en el diseño de pavimentos flexibles mediante el método de adición por vía húmeda. El autor obtuvo resultados al agregar porcentajes variables de gránulos de caucho reciclado al asfalto para el diseño de pavimentos flexibles. A una adición del 3%, se logró una estabilidad de 2026 kg, un PV del 8.432%, y un flujo de 3.65 mm; a un 3.5%, se obtuvo una estabilidad de 1986 kg, un PV del 7.238%, y un flujo de 4.01 mm; con un 4.5%, se registraron una estabilidad de 1815 kg, un PV del 5.41%, y un

flujo de 5.04 mm; a un 5.5%, se evidenció una estabilidad de 1728 kg, un PV del 3.96%, y un flujo de 5.81 mm; y a un 7%, se observó una estabilidad de 1932 kg, un PV del 2.64%, y un flujo de 6.15 mm. En términos conclusivos, se determinó que la influencia del porcentaje de añadido de caucho reciclado resultó positiva en la dosificación hasta el 5.5%; no obstante, a partir del 7% de incorporación de caucho, se evidenció un cambio desfavorable en la optimización de las propiedades físicas asociadas con la estabilidad y el flujo.

Contreras y Mamani (2019), los investigadores llevaron a cabo su estudio en la localidad de Lima, Perú, con el propósito fundamental de demostrar que la incorporación de PCR derivado de la trituración de neumáticos usados puede reducir los problemas de ahuellamiento y ondulación en la capa asfáltica, mejorando así su durabilidad. Esta actividad se hizo mediante la realización de ensayos de Marshall y la Prueba de la Rueda de Hamburgo. Los logros conseguidos para diferentes porcentajes de adición fueron para un 0.5%, se alcanzó una estabilidad de 1090 kg, un PV del 3.40%, y un flujo de 3.3 mm; para un 1%, se registró una estabilidad de 1060 kg, un PV del 3.60%, y un flujo de 3.3 mm; y para un 1.5%, se obtuvo una estabilidad de 697 kg, un PV del 5.70%, y un flujo de 3.4 mm. En conclusión, según los resultados del Ensayo Marshall en las mezclas asfálticas con inclusiones de 0.5%, 1%, y 1.5% de PCR, se determinó que el % óptimo de caucho a agregar a la mezcla asfáltica es del 1%. Esto se debe a que esta proporción exhibe un rendimiento superior en términos de la capa de rodadura. Además, se notó una relación en la que variaron de manera inversa, entre la estabilidad y el flujo; conforme se eleva el % de PCR en la mezcla, la estabilidad disminuye y la fluidez aumenta. En consecuencia, al aumentar la cantidad de polvo de caucho, se mejora el rendimiento, reduciendo la deformación permanente y prolongando la vida útil de la carpeta asfáltica.

Castro y León (2019), los investigadores realizaron su estudio en Chimbote, Perú, con el objetivo primordial de analizar los efectos de la integración de PCR en las características físicas y mecánicas de la combinación asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico.– Tramo Óvalo La Familia.

Se empleó un diseño experimental en el cual se confeccionaron 60 briquetas para desarrollar cuatro diseños de mezcla: uno de referencia y tres con inclusiones respectivas de 16%, 18%, y 20% de PCR con medida especificada de 0.42 mm. Las briquetas se sometieron al Ensayo Marshall, y los resultados obtenidos por los autores, al agregar porcentajes de caucho reciclado, fueron los siguientes: para un 16%, se logró una estabilidad de 1020 kg, un PV del 6%, y un flujo de 3.60 mm; con un 18%, se registró una estabilidad de 1050 kg, un PV del 7%, y un flujo de 3.60 mm; mientras que para un 20%, se obtuvo una estabilidad de 750 kg, un PV del 9.40%, y un flujo de 4.40 mm. La conclusión de la investigación señaló que la incorporación de PCR en porcentajes de 16%, 18%, y 20% ejerce repercusión negativa en las características físicas y mecánicas de la mezcla bituminosa con temperatura elevada. Esto se debe a que ninguna de las características analizadas mostró valores que contribuyeran a la mejora del rendimiento de la mezcla bituminosa con temperatura elevada.

Portocarrero (2019), el estudio se ejecutó en la localidad Lima, Perú, con el fin general de examinar el impacto del caucho reciclado en la composición asfáltica en modalidad fría. destinada al parchado de la carpeta asfáltica, mediante el método Marshall. El autor obtuvo resultados al incorporar porcentajes variables de PCR en mezclas asfálticas en frío. Para un 1%, se alcanzó una estabilidad de 0.6483 kN, un flujo de 12.47 mm y un PV de 9.94%; con un 2.5%, se registró una estabilidad de 0.5168 kN, un flujo de 12.85 mm y un PV de 12.92%; y para un 3.5%, se obtuvo una estabilidad de 0.6653 kN, un flujo de 14.30 mm y un PV de 15.32%. La conclusión de la investigación señaló que el porcentaje óptimo de caucho reciclado es del 3.5% del peso total de los agregados, ya que permite lograr una estabilidad máxima y una fluencia adecuada para la mezcla asfáltica en frío destinada al parchado de la carpeta asfáltica.

Salazar (2019), el autor llevó a cabo su investigación en Lima, Perú, con la meta principal de evidenciar que la adición de PCR a una mezcla bituminosa convencional

resultaría en mejoras significativas en las propiedades de dicha combinación. La investigación, de naturaleza experimental aplicada, se desarrolló mediante el Ensayo del Método Marshall. Las conclusiones adquiridas por el autor al incorporar porcentajes variables de PCR en mezclas asfálticas para mejorar pavimentos flexibles fueron los siguientes: para un 2.5%, se logró una estabilidad de 610.10 kg, un PV del 4.63%, y un flujo de 3.56 mm; con un 3.5%, se registró una estabilidad de 631.70 kg, un PV del 4.36%, y un flujo de 3.30 mm; y para un 4.5%, se obtuvo una estabilidad de 687.10 kg, un PV del 4%, y un flujo de 3.05 mm. La conclusión de la investigación destacó que la adherencia de PRC tiene una influencia relevante en la estabilidad, aumentándola hasta 687.1 kg en comparación con el asfalto convencional. Esto indica una mayor resistencia frente a deformaciones, desplazamientos y abrasiones, manteniendo la integridad del pavimento frente al tránsito vehicular y condiciones climáticas adversas. Además, la introducción de caucho en el asfalto mejoró la fluencia a 3.05, en comparación con el asfalto tradicional, lo que resulta en una mayor flexibilidad del pavimento y una eficiente resistencia a las cargas del tránsito vehicular, así como a los factores climatológicos.

Robles (2018), el autor llevó a cabo su estudio en la localidad de Lima, Perú, con la finalidad global de reconocer las cualidades proporcionadas por la introducción de fragmentos de caucho reciclado integrados en una composición asfáltica convencional mediante el método de Marshall, con el objetivo adicional de reducir la incidencia de fisuras. Los resultados obtenidos por el autor al examinar el efecto porcentual del PCR en la mezcla asfáltica fueron los siguientes: para un 0.5%, se alcanzó una estabilidad de 2012 kg, un PV del 8.24%, y un flujo de 3.03 mm; con un 1%, se registró una estabilidad de 1826 kg, un PV del 7.03%, y un flujo de 3.43 mm; para un 1.5%, se obtuvo una estabilidad de 1775 kg, un PV del 5.22%, y un flujo de 5.07 mm; con un 2%, se alcanzó una estabilidad de 1731 kg, un PV del 3.93%, y un flujo de 5.70 mm; y para un 2.5%, se logró una estabilidad de 1902 kg, un PV del 2.51%, y un flujo de 6.17 mm. La prueba de significancia reveló un valor de 0,000, indicando que, con un nivel de significancia del 0,05 (un margen de error del 5%), se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se infiere que la introducción de PCR tiene un efecto en la estabilidad de la

mezcla asfáltica convencional en pavimentos flexibles en Ate - Lima, Perú, en el año 2018.

La **variable independiente** que se estudió equivale a la Adición del PCR, el cual fue denotado como derivado de los neumáticos que efectuaron su vida útil, este componente es un residuo aprovechable y empleado en una inmensidad de aplicaciones (Chávarri y Falen, 2020). Al mezclar polímeros elásticos con agentes de vulcanización, cargas minerales en partículas pequeñas y sustancias naturales de bajo peso molecular, se puede generar el compuesto denominado PCR. (Peláez et al, 2017). El PCR se logra obtener con el molturar de las llantas que se encuentran en desuso, alternado su dimensión. El aditivo mencionado es de uso común en diversas construcciones del ámbito de la ingeniería civil, así como en la elaboración de terraplenes y en la fabricación de componentes para estructuras de contención. El aditivo en cuestión es ampliamente utilizado en la actividad constructora debido a su versatilidad y eficacia demostrada en diversas aplicaciones y contextos dentro del sector. (Díaz y Castro, 2017). La inclusión de polvo de caucho en combinaciones asfálticas tiene el beneficio de reducir la modificación de la estructura permanente de la mezcla y mejorar sus propiedades. Además, esta adición también ayuda a neutralizar la depresión superficial, la cual puede provocar ahuellamiento en la superficie de la mezcla. (Campaña et al., 2015).

El elastómero en cuestión presenta propiedades sobresalientes que se utilizan extensamente en diversas áreas. Por esta razón, los residuos producidos por el caucho son considerados uno de los principales factores contaminantes de nuestro entorno natural. (Wang et al., 2020).

El indicador de la variable independiente se refiere a la proporción porcentual (10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%,) en que se aplicará el PCR a la mezcla asfáltica. Esta variable controlada determina la cantidad de PCR que se utilizará en la mezcla, y puede variar desde un 10% hasta un 20% u otras proporciones específicas. La proporción de PCR es un factor que influye notablemente para las propiedades del compuesto asfáltico (Li et al, 2018). El PCR que se mezcla con el asfalto tiene un

efecto notable en sus características físicas y químicas, y en la elaboración de las combinaciones asfálticas que se preparan con él. (Cardoza et al., 2019).

La proporción de PCR que se incorpora en la combinación asfáltica es un factor crucial que puede influir significativamente en las características y el rendimiento del pavimento, como la reducción del ruido y longevidad de la vía. (Zhou et al. 2020).

La **variable dependiente** que se estudió en nuestra investigación es las propiedades mecánicas, de acuerdo con Flores (2018), quien evaluó las propiedades mecánicas del asfalto al añadir PCR, el objetivo principal de su indagación fue interpretar de qué modo el añadir partículas de caucho en desuso afecta las características estructurales de la mezcla bituminosa, utilizando una metodología experimental con diferentes muestras que contenían porcentajes definidos. Llegó a la conclusión de que la adición de un porcentaje del 5% o 6% de PCR mejora la firmeza y previene la deformación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la adición de un porcentaje excesivo de caucho puede generar resultados no deseados.

Los expertos en el campo han llevado a cabo investigaciones exhaustivas sobre el uso de caucho para alterar las características de los asfaltos en diversas situaciones y ambientes. Esta práctica ha sido documentada en múltiples estudios a nivel internacional. Los estudios se centran en analizar las propiedades mecánicas de los asfaltos reestructurados con PCR y cómo estas características cambian en distintas condiciones y cargas. Agregar PCR a las superficies de pavimento se ha tornado cada vez más frecuente como una técnica para mejorar la calidad y longevidad de las carreteras, y su eficacia ha sido validada a través de una amplia variedad de evaluaciones y análisis detallado (Delgado et al.,2018).

De acuerdo con Sienkiewicz et al. (2017), la tecnología relacionada con el aprovechamiento de neumáticos usados, ya sea como suministro energético o como material, se caracteriza por contar con propiedades mecánicas y funcionales de alta calidad. Es por ello que, en muchos casos, los estudios de investigación proponen el uso de PCR como aditivo para el asfalto, como lo sugiere el estudio de (Irfan et al.,



2018).

La finalidad de esta investigación, tal como explica Granados (2017), es optimizar las cualidades mecánicas y el rendimiento de las combinaciones asfálticas por medio de la inclusión de caucho, con el fin de hallar una opción alternativa que supere las limitaciones existentes en las combinaciones convencionales y en los pavimentos de asfalto.

El primer indicador de la variable dependiente es la **Resistencia**, según Flores (2018) la define como propiedad de una mezcla asfáltica que puede ser evaluada a través de ensayos de compresión. Este procedimiento consiste en someter briquetas a cargas axiales hasta que se produzca su falla o rotura, obteniendo de esta forma el valor de fuerza crítico. Posteriormente, este valor es dividido por el área de la biqueta, lo que resulta en el valor de resistencia. De acuerdo con Alarcón et al. (2019), la resistencia es una característica fundamental del asfalto que lo ayuda a resistir la deformación y el desgaste en las carreteras y calles.

Mantilla y Castañeda (2019) explican que la inclusión de aditivos, como el caucho granulado, en el asfalto no solo contribuye a solucionar cuestiones ambientales, sino que también representa una forma eficiente de mejorar la resistencia del asfalto. Según Sri y Tjandra (2017), la incorporación de PCR en la combinación de asfalto es probable que resulte en una optimización tanto en la resistencia como en la homogeneidad de la mezcla, así como en un aumento de la durabilidad del pavimento.

El uso de residuos elásticos en esta aplicación no solo considera los beneficios significativos tanto ambientales como económicos que se han descubierto recientemente, sino también las mejoras especializadas que pueden proporcionar a estos productos, como el incremento de la capacidad para soportar golpes y fatiga. (Irfan et al., 2018).

La **Estabilidad** es el segundo indicador de la variable dependiente y según Granados (2017), se define como la habilidad de una mezcla asfáltica para soportar deformaciones generadas por cargas de tráfico. Esta capacidad se establece en función de la capacidad del asfalto para unir los materiales y la fricción interna, que está vinculada a las cualidades de los agregados, como su forma y textura. De acuerdo

con Blanco y Montañez (2016), la estabilidad del asfalto se relaciona a su habilidad para resistir la carga de vehículos sin sufrir deformaciones o desplazamientos. Una calzada estable mantiene su forma y superficie uniforme, incluso cuando es sometido a cargas repetidas, mientras que uno inestable puede sufrir depresiones y otros cambios que indiquen alteraciones en la mezcla. Las especificaciones de estabilidad para un pavimento solo pueden ser establecidas después de un análisis detallado del tráfico, ya que los requisitos de estabilidad dependen del tipo de tráfico esperado.

El **Flujo** es el tercer indicador de la variable dependiente. La relación entre la definición de flujo y la estabilidad es cercana y se puede entender mejor al medirlo o identificarlo. Según Garnica et al. (2004), si no se cuenta con un dispositivo de registro automático durante la prueba de resistencia, es fundamental tener un contador de flujo en la barra guía. Es importante tomar nota cuando la carga comienza a disminuir y registrarla como la estimación del flujo final, se estima desde la variación entre los valores iniciales y finales del flujo.

El **PV** es el cuarto indicador de la Variable Dependiente, el cual según Villamizar y Torres (2013) lo define como una propiedad crucial de la mezcla asfáltica, ya que niveles bajos de vacíos pueden llevar a la inestabilidad debido al flujo plástico o a la reorganización y compactación adicional de las partículas después de que el pavimento ha estado sometido al tráfico durante un lapso de tiempo determinado. En contraposición, niveles elevados de vacíos suelen asociarse con mezclas de alta permeabilidad, lo que permite el flujo de viento y líquido través del pavimento. Esto puede provocar la prematura oxidación del asfalto, la separación del agregado y, en casos extremos, la desintegración del asfalto y el daño de adherencia del mismo con los agregados. Todos estos problemas deben evitarse mediante el control cuidadoso del porcentaje de vacíos para asegurarse de que sea óptimo y adecuado.

En un estudio realizado por Garnica et al. (2004), para concluir los valores de vacíos ( $V_a$ ) presentes en las combinaciones asfálticas, es esencial conocer las variadas cualidades de los agregados y combinaciones asfálticas, incluyendo la masa específica, la masa específica efectiva, la masa específica promedio de las

combinaciones bituminosas compactadas y la masa específica teórica máxima del compuesto asfáltico. Todos estos factores son cruciales para calcular la densidad y el (PV) en una combinación de asfalto compactado.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

Es Básica **de laboratorio**, según Arias et al (2022) En un entorno controlado, el investigador manipula la variable independiente con la intención de obtener resultados que reflejen el efecto sobre la variable dependiente. En este contexto, se examinará la hipótesis inicial formulada al inicio de la investigación, con el objetivo de establecer una relación de causa y efecto. Es imperativo tener en cuenta la posibilidad de influencias externas no controladas y el riesgo de que los descubrimientos sean atribuibles al azar.

Se optó por este tipo de investigación ya que en este proyecto se utilizará PCR para la construcción de probetas y determinar cómo influye la adición de este material.

##### **Diseño de investigación**

Es **Cuasi experimental**, según Arias et al (2022) La inclusión de un conjunto de control presupone la necesidad de contar con un grupo de referencia, y esto se requiere cuando no es factible elegir a los sujetos al azar. Al igual que en el pre experimento, estos participantes son seleccionados de antemano y se les pueden administrar instrumentos de medición en múltiples ocasiones, además de permitir el control y manipulación de la variable en cuestión.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### **Variable 1: ADICIÓN DE POLVO DE CAUCHO RECICLADO**

**Definición conceptual.** El PCR se logra obtener con el molturar de las llantas que se

encuentran en desuso, alternando su dimensión. El aditivo mencionado es de uso común en diversas construcciones del ámbito de la ingeniería civil, así como en la elaboración de terraplenes y en la fabricación de componentes para estructuras de contención. El aditivo en cuestión es ampliamente utilizado en la actividad constructora debido a su versatilidad y eficacia demostrada en diversas aplicaciones y contextos dentro del sector. (Díaz y Castro, 2017).

**Definición operacional.** El PCR se incorporará para mejorar la combinación de asfalto, garantizando la tenacidad de la vida útil de los pavimentos flexibles, reduciendo costos y beneficiando al medio ambiente. El PCR se incorporará en diferentes porcentajes con respecto a su peso total, incluyendo un 10%, 12.5%, 15%, 17.5%, y 20%. Además, para llevar a cabo los ensayos, se emplearon tanto el método Marshall como el método Lottman, donde el PCR se incluyó en los cálculos de sus Propiedades Mecánicas Asfálticas (PMA).

## **Variable 2: PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**

**Definición conceptual.** “Las propiedades mecánicas cruciales para lograr una fabricación y diseño de mezcla asfáltica de calidad incluyen elementos fundamentales como el flujo, la estabilidad, la resistencia y el porcentaje de vacíos”. Joni y Hashim (2018)

**Definición operacional.** El mejoramiento de una combinación de asfalto es el conjunto de reacciones que genera la muestra a favor en su comportamiento, teniendo en cuenta la relación que hay en los materiales de los componentes a utilizar en el estudio. En este estudio se efectuarán ensayos para evaluar las propiedades mecánicas como resistencia, estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos.

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**  
**INFLUENCIA PORCENTUAL DE ADICIÓN DE POLVO DE CAUCHO RECICLADO**  
**EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS – 2023**

**Tabla 1** Matriz de Operacionalización de Variables

**Fuente:** Elaboración Propia

<b>VARIABLES</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<p style="text-align: center;"><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p style="text-align: center;">ADICIÓN DE POLVO DE CAUCHO RECICLADO</p>	<p>El PCR se logra obtener con el molturar de las llantas que se encuentran en desuso, alternando su dimensión. El aditivo en cuestión es ampliamente utilizado en la actividad constructora debido a su versatilidad y eficacia demostrada en diversas aplicaciones y contextos dentro del sector. (Díaz y Castro, 2017).</p>	<p>El caucho reciclado se incorporará para mejorar la combinación de asfalto, garantizando la tenacidad de la vida útil de los pavimentos flexibles, reduciendo costos y beneficiando al medio ambiente.</p>	<p>Adición del polvo de caucho reciclado.</p>	<p>% de adición de PCR (10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%).</p>
<p style="text-align: center;"><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p style="text-align: center;">PROPIEDADES MECÁNICAS</p>	<p>Las propiedades mecánicas cruciales para lograr una fabricación y diseño de mezcla asfáltica de calidad incluyen elementos fundamentales como el flujo, la estabilidad, la resistencia y el porcentaje de vacíos". Joni y Hashim (2018)</p>	<p>El mejoramiento de una combinación de asfalto es el conjunto de reacciones que genera la muestra a favor en su comportamiento, teniendo en cuenta la relación que hay en los materiales de los componentes a utilizar en el estudio.</p>	<p>Propiedades mecánicas.</p>	<p>Resistencia</p> <hr/> <p>Estabilidad</p> <hr/> <p>Flujo</p>

				Porcentaje de vacíos
--	--	--	--	----------------------

### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

**Población:** Consistirá en un total de 72 muestras de asfalto. El propósito es analizar y comprender en profundidad tanto las propiedades del asfalto como la variación porcentual de los PCR. Los ensayos de laboratorio se llevarán a cabo aplicando el Método Marshall y el Método Lottman, a partir de los cuales se obtendrán los resultados relacionados con las propiedades mecánicas, incluyendo la estabilidad, fluidez, porcentaje de poros y resistencia.

- **Criterios de inclusión:** Probetas de asfalto adicionando 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% de polvo de caucho reciclado.
- **Criterios de exclusión:** Probetas de asfalto que no cumplan con los criterios de inclusión, probetas con patologías.

**Tabla 2** Obtención de la población

**Fuente:** Elaboración Propia

PORCENTAJE	PROPIEDADES MECÁNICAS				SUB TOTAL
	Resistencia	Estabilidad	Flujo	% de vacíos	
0 %(patrón)	3	3	3	3	12
10%	3	3	3	3	12
12.5%	3	3	3	3	12
15%	3	3	3	3	12
17.5%	3	3	3	3	12
20%	3	3	3	3	12
<b>Total</b>					72

Para obtener nuestra población, seguimos los lineamientos del Manual de Ensayo de Materiales MTC E 504 "Resistencia de Mezclas Bituminosas" utilizando el Aparato Marshall. Este manual establece que se deben utilizar al menos 3 especímenes (probetas) para medir la Estabilidad y el Flujo de las mezclas bituminosas.

Además, también se hace referencia a la norma MTC E 508 "Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas para pavimentos". Según esta norma, para determinar el porcentaje de vacíos, se utilizan muestras de la preparación de las mezclas siguiendo el diseño establecido. Sin embargo, se toma en cuenta estadísticamente el promedio de 3 ensayos.

AASHTO T 283-03 que es el Método de Ensayo Estándar para Resistencia de Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño Inducido por Humedad, que corresponde al Ensayo Modificado de Lottman que nos indica utilizar un promedio mínimo de 3 muestras (probetas) para medir el indicador de Resistencia.

**Muestra:** Se trabajará con la población total.

**Muestreo:** No se aplicó ninguna técnica de muestreo.

**Unidad de análisis:** Probetas de asfalto

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Según Useche et al. (2019), **La Observación** es un método de obtención de información que un investigador utiliza para conectarse con la realidad y tener una comprensión precisa del problema que está estudiando.

En este estudio, se ha optado por emplear la técnica de Observación como método de investigación. Esta elección se justifica por el hecho de que se utilizarán diversos equipos para registrar y capturar el evento de estudio. Estos equipos permitirán obtener información precisa y detallada acerca de los ensayos realizados, lo que permitirá obtener resultados confiables y útiles para la elaboración y comprensión.

## **Instrumentos de recolección de datos**

La **Ficha de Observación de Ensayos de Laboratorio** es el instrumento que se utiliza en esta indagación. Según Useche et al. (2018), El proceso de adquisición de información requiere el uso de Instrumentos precisos y verificados. Por lo tanto, es esencial que el proceso, lugar y contexto de la recolección de datos sean claros y definidos a fin de asegurar la veracidad y confianza de la información obtenida. Esta fase es una parte operativa del diseño de investigación que es esencial para alcanzar los objetivos establecidos.

Para llevar a cabo la investigación en cuestión, se emplearán distintas herramientas para la adquisición de información y los ensayos en laboratorio. Se crearán fichas específicas para la recopilación de datos, así como fichas de resultados de los ensayos que se llevarán a cabo en la empresa "LGSM.SAC." Entre los ensayos que se realizaron se encuentran el ensayo de Marshall y el Análisis granulométrico de los agregados. Para garantizar que los ensayos se realicen de acuerdo a los estándares, se utilizarán manuales de instituciones como el Instituto del Asfalto, el MTC, el AASHTO y el ASTM, que brindarán información detallada sobre el procedimiento para la ejecución de cada ensayo. De esta forma, se asegura la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos y se garantiza la calidad de la investigación.

### **3.5. Procedimientos**

#### **Obtención del material:**

El trabajo de campo para los ensayos de laboratorio se inició en mayo, obteniendo el PCR de la empresa NORTSUL que se encuentra en la ciudad de Lima.

Con el fin de llevar a cabo las pruebas de laboratorio, se utilizaron muestras de agregados de la cantera "SAN PABLO E.I.R.L." ubicada en la provincia de Ilo. La cantera mencionada cuenta con el registro legal correspondiente y se dispone de pruebas de laboratorio de los agregados necesarios para la producción de combinaciones de asfalto. Con respecto a los análisis de laboratorio requeridos para este proyecto, se realizaron en las instalaciones del laboratorio LGSM.SAC, situado en la ciudad de Tacna. De esta forma, se aseguró que los ensayos se lleven a cabo



en un ambiente controlado y que los resultados obtenidos sean precisos y confiables.



**Figura 1** Obtención de Materiales

**Fuente.** Elaboración Propia

### **Preparación del Material:**

En este paso crucial, se llevó a cabo el control de las cualidades de los insumos que se emplearon en la creación de mezclas asfálticas. Fue de suma importancia seleccionar cuidadosamente las muestras de arena gruesa y piedra chancada para determinar si el agregado es adecuado para la preparación del mezclado asfáltico. La precisión en la toma de muestras fue fundamental, ya que la condición de la muestra de agregado puede afectar significativamente la resistencia del asfalto. Por lo tanto, es fundamental garantizar que la toma de muestras sea precisa, representativa y meticulosa.

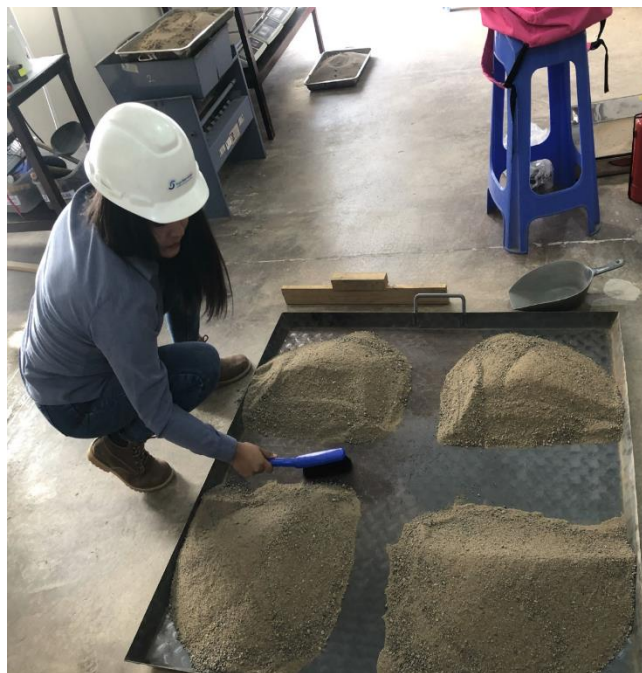
#### **- Muestreo de los agregados**

En este caso el muestreo se realizó en el laboratorio realizando los siguientes pasos: Primero se colocó el agregado en un recipiente plano y se procedió a homogeneizar el material hasta formar un montículo. Luego se extendió el material con una pala hasta obtener un espesor parejo, seguidamente se separó en 4 partes idénticas y se tomaron las dos muestras opuestas y se desecharon las muestras restantes. Volvimos a repetir los mismos pasos hasta obtener una muestra representativa.



**Figura 2. Muestreo de Agregado Grueso**

**Fuente. Elaboración Propia**



**Fuente 3. Elaboración Propia**

– **Análisis Granulométrico:**

El Análisis Granulométrico se llevó a cabo siguiendo los reglamentos del MTC E-204 “Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos”. Para llevar a cabo este ensayo, se realizó el proceso de tamizado. Se obtuvo una porción deshidratada, se colocó en una gradación con tamices apilados con diferentes volúmenes de malla, ordenados de mayor a menor. Estos tamices fueron agitados manualmente para asegurar que todas las partículas pasan a través de los tamices correspondientes. Una vez completado el tamizado, se retiraron los tamices y se procedió a pesar la cantidad de suelo retenida en cada uno de ellos. Utilizando los datos de peso obtenidos, se realizó el cálculo del porcentaje acumulado retenido en cada tamiz y el porcentaje que pasó a través de cada tamiz. Como resultado, se obtuvo una curva granulométrica que mostró la disposición de dimensiones de las partículas presentes en el suelo. A partir de esta curva, fue posible obtener parámetros que ayudaron a clasificar el suelo y comprender sus propiedades. El análisis granulométrico en el laboratorio brindó información rápida y valiosa sobre la composición y características físicas del suelo, la cual fue utilizada en la evaluación de la estabilidad del suelo.



**Figura 4** Análisis Granulométrico

**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 5** Análisis Granulométrico

**Fuente.** Elaboración Propia

– **Peso Específico (PE) y Absorción de agregados gruesos (AAG):**

La prueba se ejecutó conforme a las directrices establecidas MTC E-206 “PE y AAG”. El ensayo de PE y AAG implicó la obtención de una muestra apropiada del agregado grueso, la cual fue secada a una temperatura constante para determinar su peso en estado seco. Posteriormente, la muestra fue sumergida en agua en una canastilla durante un período de tiempo específico y se registró su peso en estado húmedo. Utilizando estos datos, se realizó la estimación de la densidad relativa y la captación del material de mayor tamaño.

Este ensayo fue de gran importancia, ya que proporcionó información fundamental para asegurar la calidad y las propiedades deseadas del agregado grueso. Además, permitió realizar una selección adecuada de los materiales y ajustar las proporciones en las mezclas de manera precisa.



**Figura 6** Peso Específico  
**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 7** Absorción  
**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 8** Secado al horno

**Fuente.** Elaboración Propia

**- Gravedad específica y Absorción:**

Este ensayo se realizó siguiendo las normas MTC E-205 “Gravedad Específica y Absorción de Agregados Finos”. Para realizar el ensayo, se comenzó tomando un muestreo significativo de los agregados finos y se secó completamente en un horno para eliminar cualquier contenido de humedad. Una vez seca, se obtuvo una fiola, recipiente de vidrio en forma de botella con una abertura estrecha.

El siguiente paso consistió en llenar la fiola con agua hasta un nivel predeterminado. Este nivel inicial de agua se registró para posteriores cálculos. Después, se tomó una porción conocida de la muestra de agregado fino y se colocó cuidadosamente en la fiola, asegurándose de no perder ningún material. Mecánicamente, las burbujas de aire fueron eliminadas mediante la aplicación de vibración externa, asegurando que no se produjera degradación en la muestra. La presencia del agregado fino en la fiola causó

un desplazamiento del agua, lo que resultó en un cambio en el nivel del agua dentro de la fiola. El nivel final del agua se midió y registró. Utilizando los datos recopilados, se calculó el peso específico dividiendo el peso seco de la muestra de agregado fino por el volumen del desplazamiento de agua. El volumen se obtuvo restando el nivel inicial del agua en la fiola del nivel final después de agregar el agregado fino.

Además del peso específico, el ensayo también permitió evaluar la absorción de agua del agregado fino. Después de determinar el peso específico, se retiró la muestra de la fiola y se secó superficialmente. Luego se pesó nuevamente para obtener su peso después de entrar en contacto con el agua. La diferencia entre el peso antes y después de la inmersión proporcionó la cantidad de agua absorbida por la muestra, lo cual indicó su capacidad para retener agua.

Este ensayo se realizó siguiendo los estándares del MTC E-205, que garantizaron la consistencia y la precisión de los resultados obtenidos. La información obtenida a través de este ensayo fue esencial para planificación y aseguramiento de las propiedades de las combinaciones asfálticas.



**Figura 9** Fiola con extractor de aire

**Fuente.** Elaboración Propia

### **Proceso de la Unidad Muestral:**

En este paso procedimos a la elaboración de las probetas de asfalto. Se realizó mediante vía seca, colocando en una cocina un recipiente con los agregados, posteriormente se incorporó el Asfalto rc-250, después se retiró el material al estar completamente homogeneizado. Luego se añadieron los agregados y se mezcló hasta formar una mezcla uniforme, posteriormente se añadió el PCR.

Se colocó la muestra en el molde y se compactó por ambos lados mediante 75 golpes utilizando el martillo Marshall. Posteriormente se esperó 24 horas antes de aplicar los ensayos.



**Figura 10** Integración de agregados

**Fuente.** Elaboración Propia





**Figura 11** Incorporación del ligante asfáltico

**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 12** Adición del PCR

**Fuente.** Elaboración propia



**Figura 13** Muestra en el molde

**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 14** Compactación

**Fuente.** Elaboración Propia

### **Aplicación de Ensayos a la Unidad Muestral:**

Se empleó el Ensayo Marshall según la norma ASTM D 1559, cuya finalidad es precisar el porcentaje más adecuado de asfalto para lograr una mezcla de los materiales granulares óptima. El objetivo es obtener un diseño de mezcla que satisfaga las exigencias específicas del proyecto y asegure la calidad del producto final. Boza (2020).

Para determinar la estabilidad y flujo se procedió a colocar cada una de las probetas en el aparato Marshall colocando el diámetro y espesor de cada probeta.



**Figura 15** Medición de Probetas

**Fuente.** Elaboración Propia

Se promediaron los valores de estabilidad y flujo para todas las muestras con cada contenido de PCR.



**Figura 16** Colocación de probeta

**Fuente.** Elaboración Propia

Para él % de vacíos se utilizó el ensayo Rice cuyo propósito es dar como producto que valores hay correctos (%) porcentajes de vacíos totales el cual afecta el valor de la mezcla.



**Figura 17** Aplicación de Ensayo Rice

**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 18** Aplicación de Ensayo Rice

**Fuente.** Elaboración Propia

Posteriormente se realizó el ensayo de Lottman, con el fin de evaluar la resistencia y el flujo de las mezclas asfálticas. Este ensayo proporcionó información importante sobre la capacidad de la mezcla para soportar las deformaciones bajo carga y su capacidad para fluir adecuadamente.

En el ensayo de Lottman, se tomó una muestra de la mezcla asfáltica (probeta) de tamaño y forma estándar. Luego, se colocó la muestra en una máquina de ensayo específica llamada Lottman, que aplicó una carga axial sobre la muestra. La carga se aplicó de manera continua hasta que se alcanzó un punto de deformación predeterminado o hasta que se produjo la falla de la muestra. Durante el ensayo, se registraron la carga aplicada y la deformación experimentada por la muestra.

A partir de los datos obtenidos, se calcularon dos parámetros importantes que proporcionaron una evaluación de la fortaleza y la habilidad para cambiar de forma de la mezcla bituminosa. Los cuales se utilizaron para evaluar la calidad de la mezcla y su adecuación para su uso en aplicaciones de pavimentación.



**Figura 19** Ensayo de Lottman  
**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 20** Rotura de Probeta  
**Fuente.** Elaboración Propia



**Figura 21** Aplicación de carga en Probeta

**Fuente.** Elaboración Propia

### **Normas Aplicables**

- MTC – (Manual de ensayos de laboratorio)
- EG - 2013 (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de carreteras).
- AASHTO (American Association of state Highway and transportation)
- ASTM (American society for testing and materials)
- NLT-159/86 NORMA INTERNACIONAL MARSHALL

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los datos conseguidos de los ensayos efectuados en el laboratorio serán presentados de forma clara y concisa, mediante la utilización de tablas y gráficos. La finalidad de esta presentación es comparar los datos obtenidos con los criterios definidos en las normativas peruanas correspondientes.

### **3.7. Aspectos éticos**

La realización de esta indagación en curso se desempeñó de forma rigurosa, asegurando que no se infringiera la Constitución Política del Perú ni los Derechos Humanos Internacionales. Asimismo, se tuvo como premisa fundamental el cuidado y conservación ambiental, comprendiendo la flora y fauna, para garantizar su preservación y conservación durante todo el proceso investigativo.

Además, se tuvo un firme compromiso de salvaguardar los derechos de autor y derechos exclusivos de otros autores, evitando cualquier tipo de vulneración a su trabajo. Todo esto se hizo en estricta conformidad con las normas éticas establecidas por la Universidad César Vallejo, para asegurar la integridad y calidad de la investigación.

El proyecto investigativo presente fue ejecutado con una perspectiva ética y responsable, garantizando el respeto a los valores y normas fundamentales, y cuidando el medio ambiente y los derechos de autor.



#### IV. RESULTADOS

Los resultados que se cumplen a raíz del **objetivo general**, el cual es determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023, para el cual se trabajó con el ensayo de Marshall y Lottman, son los siguientes:

**Tabla 3** Resumen de los resultados generales y promedios

**Fuente:** Elaboración Propia

Muestras	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
<b>Propiedades Mecánicas</b>						
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	80.5	86.7	92.5	98.9	95.9	92.4
Estabilidad (kn)	5.92	6.24	6.65	6.83	7.17	7.28
Flujo (mm)	9.26	11.35	11.51	11.71	11.87	12.09
Porcentaje de Vacíos (%)	3.09	3.33	3.58	3.78	4.03	4.34

Interpretación:

De la tabla 3, en el que indica la compilación de los resultados generales y promedios obtenidos del cual:

Se logró adquirir para el diseño de asfalto patrón (0%) una resistencia promedio de 80.5 kg/cm<sup>2</sup>, el óptimo porcentaje obtenido tras la adición del PCR fue al 15% la cual nos arroja una resistencia promedio de 98.9 kg/cm<sup>2</sup> y el porcentaje más bajo tras la adición del PCR ha sido el de 10% con una resistencia promedio de 86.7 kg/cm<sup>2</sup>. Además, para la estabilidad del diseño de asfalto patrón se tuvo un promedio de 5.92kn, la estabilidad más alta se obtuvo tras la adición del PCR al 20% con un valor de 7.28kn, la estabilidad más baja se obtuvo tras la adición del PCR al 10% con un valor de 6.24kn.

Para el flujo se pudo obtener para el diseño de asfalto patrón (0%) un flujo promedio de 9.26mm, el mejor porcentaje obtenido tras la adición del PCR fue al 20% el cual nos da un flujo promedio de 12.09mm y el porcentaje más bajo tras la adición del PCR fue al 10% el cual nos da un flujo promedio de 11.35mm.

Así mismo para el PV se pudo obtener para la planificación de asfalto patrón (0%) un porcentaje de vacíos promedio de 3.09%, el mejor porcentaje de vacíos obtenido tras la adición del PCR fue al 10% el cual nos da un porcentaje de vacíos promedio de 3.33mm y el porcentaje más desfavorable tras la adición del PCR fue al 20% el cual nos da un porcentaje de vacíos promedio de 4.34mm.

Los resultados que se cumplen a raíz del **objetivo específico 01**, el cual es determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la resistencia de mezclas asfálticas-2023., son los siguientes:

**Tabla 4** Resultados del objetivo específico para la probeta 01

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 01	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
<b>Propiedades Mecánicas</b>						
Resistencia	82.3	86.5	92.1	99	96.9	92.8

**Tabla 5** Resultados del objetivo específico para la probeta 02

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 02	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
<b>Propiedades Mecánicas</b>						
Resistencia	78.4	86.6	92.7	97.8	94.5	91.9

**Tabla 6** Resultados del objetivo específico para la probeta 03

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 03	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Propiedades Mecánicas						
Resistencia	80.8	87.1	92.7	99.9	96.3	92.7

Interpretación:

De las tablas 4, 5 y 6, que exhiben los resultados derivados de la aplicación del método de Lottman en el laboratorio de suelos, se destacan datos relevantes. Para el diseño patrón (0%), se registró una resistencia promedio de 80.5 kg/cm<sup>2</sup>. De manera sobresaliente, el rendimiento más favorable se logró con la adición del 15% de PCR, obteniendo una resistencia de 98.9 kg/cm<sup>2</sup>. En contraste, el rendimiento menos favorable tras la adición de PCR fue con el 10%, resultando en una resistencia de 86.7 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados evidencian las variaciones en el comportamiento de la mezcla asfáltica según el contenido de PCR incorporado.

Los Resultados del **objetivo específico 02**, el cual es: Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de PCR en la estabilidad de las mezclas asfálticas-2023 son los siguientes:

**Tabla 7** Resultados del objetivo específico 02 para la probeta 01

**Fuente:** Elaboración Propia

Muestra 1	Variable independiente Polvo de caucho Reciclado					
	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Propiedades Mecánicas						
Estabilidad	5.90	6.20	6.58	6.86	7.25	7.31

**Tabla 8** Resultados del objetivo específico 02 para la probeta 02

**Fuente:** Elaboración Propia

Muestra 2	<b>Variable independiente</b> Polvo de caucho Reciclado					
<b>Propiedades Mecánicas</b>	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Estabilidad	5.91	6.28	6.67	6.80	7.10	7.28

**Tabla 9** Resultados del objetivo específico 02 para la probeta 03

**Fuente:** Elaboración Propia

Muestra 3	<b>Variable independiente</b> Polvo de caucho Reciclado					
<b>Propiedades Mecánicas</b>	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Estabilidad	5.95	6.25	6.70	6.82	7.15	7.25

Interpretación:

De las tablas 7, 8 y 9, que presentan los resultados derivados de la aplicación del Método de Marshall en el laboratorio de suelos, se extraen datos significativos. Para el diseño patrón (0%), se obtuvo una estabilidad de 5.92 kn. De manera destacada, el rendimiento más favorable se observó con la adición del 20% de PCR, alcanzando una estabilidad de 7.28 kn. Por otro lado, el rendimiento menos favorable tras la adición de PCR fue con el 10%, resultando en una estabilidad de 6.24 kn. Estos resultados reflejan las variaciones en el comportamiento de la mezcla asfáltica según el contenido de PCR añadido.

Los resultados del **objetivo específico 03**, el cual es: Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de PCR en el flujo de las mezclas asfálticas-2023 son los siguientes:

**Tabla 10** Resultados del objetivo específico 03 para la probeta 01

**Fuente:** Elaboración Propia

Muestra 01	<b>Variable independiente</b> Polvo de Caucho Reciclado					
<b>Propiedades Mecánicas</b>	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Flujo	9.26	11.30	11.48	11.68	11.86	12.05

**Tabla 11** Resultados del objetivo específico 03 para la probeta 02

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 02	<b>Variable independiente</b> Polvo de Caucho Reciclado					
<b>Propiedades Mecánicas</b>	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Flujo	9.28	11.40	11.50	11.74	11.90	12.13

**Tabla 12** Resultados del objetivo específico 03 para la probeta 03

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 03	<b>Variable independiente</b> Polvo de Caucho Reciclado					
<b>Propiedades Mecánicas</b>	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Flujo	9.24	11.36	11.55	11.72	11.5	12.08

Interpretación:

De las tablas 10, 11 y 12, que presentan los resultados obtenidos mediante el método de Marshall en el laboratorio de suelos, se extrajeron datos significativos. Para el diseño patrón (0%), se registró un flujo de 9.26 mm. De manera notable, el mejor rendimiento se observó con la adición del 20% de PCR, alcanzando un flujo de 12.09 mm. Por otro lado, el menor rendimiento tras la adición de PCR fue con el 10%, resultando en un flujo de 11.35 mm. Estos hallazgos reflejan las variaciones en el comportamiento de la mezcla asfáltica según el contenido de PCR incorporado.

Los resultados del **objetivo específico 04**, el cual es: Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas-2023, son los siguientes:

**Tabla 13** Resultados del objetivo específico 04 para la probeta 01

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 1	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
Propiedades Mecánicas	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Porcentaje de Vacíos	3.052	3.315	4.172	4.109	4.398	5.018

**Tabla 14** Resultados del objetivo específico 04 para la probeta 02

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 2	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
Propiedades Mecánicas	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
Porcentaje de Vacíos	3.221	2.969	3.187	3.702	3.588	3.611

**Tabla 15** Resultados del objetivo específico 04 para la probeta 03

**Fuente:** Elaboración Propia

Probeta 3	Variable independiente Polvo de Caucho Reciclado					
	0%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
<b>Propiedades Mecánicas</b>						
Porcentaje de Vacíos	3.007	3.716	3.384	3.530	4.096	4.435

Interpretación:

De tablas 13, 14 y 15 presentan los resultados derivados de la aplicación del método de Marshall en el laboratorio de suelos. Para el diseño patrón (0%), se logró un porcentaje de vacíos de 3.09%. De manera destacada, al incorporar PCR, se alcanzó el mejor porcentaje con un valor de 3.33%, demostrando mejoras en las propiedades. Sin embargo, el escenario menos favorable se observó con la adición del 10% de PCR, resultando en un porcentaje de vacíos de 4.34%. Estos hallazgos revelan variaciones significativas en el comportamiento de la mezcla asfáltica según el contenido de PCR añadido

## V. DISCUSIÓN

**Los resultados para el objetivo general**, se contrastó lo siguiente:

Con los investigadores Clemente y Maquera (2022), se obtuvo la más óptima similitud para la Resistencia teniendo una variabilidad de 9.37%.

Con los autores Purizaca y Tolentino (2022), se obtuvo la mayor similitud para la Estabilidad teniendo una variabilidad de 22.67%.

Con los autores Clemente y Maquera (2022), se obtuvo la mayor diferencia para la Estabilidad teniendo una variabilidad de 28.48%.

Con los autores Purizaca y Tolentino (2022), se obtuvo la mayor similitud para el Flujo teniendo una variabilidad de 3.06%

Con los autores Clemente y Maquera (2022), se obtuvo la mayor diferencia para el Flujo teniendo una variabilidad de 16.04%.

Con los autores Clemente y Maquera (2022), se obtuvo la mayor similitud para el Porcentaje de Vacíos teniendo una variabilidad de 3.75%.

Con los autores Purizaca y Tolentino (2022), se obtuvo la mayor diferencia para el Porcentaje de Vacíos teniendo una variabilidad de 14.83%

**Los resultados para el objetivo específico 01** se contrastaron con Clemente y Maquera (2022) los resultados obtenidos por los autores al incorporar NFU porcentualmente en una mezcla asfáltica fría, en la cual se optimizó la proporción de arena gruesa. Los resultados son los siguientes:

Para la elaboración de la mezcla asfáltica estándar, se obtuvo una resistencia de 91.4 kg. Nuestros resultados demostraron una resistencia de 80.5 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los criterios establecidos en la EG-2013. Cabe señalar que como referencia para la diferencia entre los datos se ha seleccionado una variabilidad del 5%, por lo que los datos obtenidos presentan una discrepancia del 11.92%.

Se logró el rendimiento más eficiente al utilizar un porcentaje del 15% para la resistencia, obteniendo un resultado de 109.12 kg. Nuestra opción más favorable, al emplear un porcentaje del 15%, generó un valor de 98.9 kg/cm<sup>2</sup> para la resistencia, en conformidad con los estándares establecidos en la EG-2013. Es relevante destacar



que, como criterio para la variación entre los datos, se ha seleccionado una variabilidad del 5%, resultando en una discrepancia del 9.37% en los datos obtenidos.

La peor situación se presentó con un porcentaje del 30% para la resistencia, dando como resultado 73.44 kg. Nuestra situación menos favorable ocurrió con un porcentaje del 20%, obteniendo un valor de 92.4 kg/cm<sup>2</sup> para la resistencia. Cabe señalar que, como criterio para la variación entre los datos, se ha seleccionado una variabilidad del 5%, por lo que los datos obtenidos difieren con una variación del 20.5%.

**Los resultados para el objetivo específico 02** se contrastaron con con Clemente y Maquera (2022), los resultados obtenidos por los autores al incluir NFU en proporciones en una mezcla asfáltica fría, con una disminución de los porcentajes de arena gruesa, son los siguientes:

Se logró una Estabilidad de 7.78 kn para el diseño de la mezcla asfáltica patrón. Nuestros resultados para la resistencia fueron de 5.92 kn, cumpliendo con los estándares establecidos en la EG-2013. Se señala como observación que se ha elegido una variabilidad del 5% como referencia para la diferencia entre los datos, por lo que los datos obtenidos presentan una discrepancia del 23.9%.

Se obtuvo el mejor rendimiento con un porcentaje del 30% para la estabilidad, alcanzando 9.55 kn. Nuestro resultado más destacado se logró con un porcentaje del 20%, registrando un valor de 6.83 kn para la resistencia, cumpliendo con los criterios definidos en la EG-2013. Es relevante señalar que, como criterio para la variación entre los datos, se ha seleccionado una variabilidad del 5%, dando como resultado una discrepancia del 28.48%.

El rendimiento menos favorable se obtuvo con un porcentaje del 2.5% para la estabilidad, resultando en 8.07 kn. Nuestra situación menos favorable se dio con un porcentaje del 10%, logrando un valor de 6.24 kn para la estabilidad. Como observación, se destaca que se ha seleccionado una variabilidad del 5% como referencia para la diferencia entre los datos, lo que resulta en una discrepancia del 22.67% en los datos obtenidos.

Así también se contrastaron con Purizaca y Tolentino (2022), quienes incorporaron PCR porcentualmente para mejorar propiedades mecánicas de mezclas asfálticas, obteniendo:

El mejor resultado con un porcentaje de 2.5% para la estabilidad fue 4.95 kn. Nuestro mejor resultado fue con un porcentaje de 20 % obteniendo un valor de 6.83kn para la estabilidad, cumpliendo con los parámetros establecidos en la EG-2013. Se señala como observación que se ha elegido una variabilidad del 5% como criterio para la diferencia entre los datos, resultando en una discrepancia del 27.52% en los datos obtenidos.

El resultado más desfavorable con un porcentaje del 1 % para la estabilidad fue 4.26 kn. Nuestro resultado más desfavorable fue con un porcentaje de 10 % obteniendo un valor de 6.24 kn para la estabilidad. Se destaca como observación que se ha seleccionado una variabilidad del 5% como referencia para la diferencia entre los datos, resultando en una discrepancia del 31.73% en los datos obtenidos.

**Los resultados para el objetivo específico 03** se contrastaron con Clemente y Maquera (2022), los resultados obtenidos por los autores incorporando NFU porcentualmente en una mezcla asfáltica fría optimizando la proporción de arena gruesa, son los siguientes:

Se logró un flujo de 9 mm en el diseño de la mezcla asfáltica estándar. Nuestros resultados para el flujo fueron de 9.26 mm, ajustándose con los estándares establecidos en la EG-2013. Cabe señalar que, como criterio para la variación entre los datos, se ha seleccionado una variabilidad del 5%, y los datos obtenidos son similares con una variación del 2.81%.

El mejor resultado con un porcentaje de 30 % para el flujo fue 14.4mm. Nuestro mejor resultado fue con un porcentaje de 20 % obteniendo un valor de 12.09mm para el flujo, cumpliendo con los parámetros establecidos en la EG-2013. Se menciona como observación que se ha seleccionado una variabilidad del 5% como criterio para la diferencia entre los datos, resultando en una discrepancia del 16.04% en los datos obtenidos.

El resultado más desfavorable con un porcentaje del 2.5 % para el flujo fue 9.6mm.

Nuestro resultado más desfavorable fue con un porcentaje de 10 % obteniendo un valor de 11.35mm para el flujo. Se destaca como observación que se ha elegido una variabilidad del 5% como referencia para la diferencia entre los datos, resultando en una discrepancia del 15.41% en los datos obtenidos.

Así también se contrastaron con Purizaca y Tolentino (2022), quienes incorporaron PCR porcentualmente para mejorar propiedades mecánicas de mezclas asfálticas, obteniendo:

El mejor resultado con un porcentaje de 2.5 % para el flujo fue 11.72 mm. Nuestro mejor resultado fue con un porcentaje de 20 % obteniendo un valor de 12.09mm para el flujo, apegándose a los criterios establecidos en la EG-2013. Se señala como observación que se ha seleccionado una variabilidad del 5% como criterio para la diferencia entre los datos, lo que resulta en una similitud del 3.06% en los datos obtenidos.

El resultado más desfavorable con un porcentaje del 1 % para el flujo fue 9.38 mm. Nuestro resultado más desfavorable fue con un porcentaje de 10 % obteniendo un valor de 11.35mm para el flujo. Se destaca como observación que se ha seleccionado una variabilidad del 5% como criterio para la diferencia entre los datos, lo cual resulta en una discrepancia del 17.35% en los datos obtenidos

**Los resultados para el objetivo específico 04** se contrastaron Clemente y Maquera (2022), los resultados obtenidos por los autores incorporando NFU porcentualmente en una mezcla asfáltica fría con optimización de la proporción de arena gruesa, son los siguientes:

En el diseño de la mezcla asfáltica patrón se logró un porcentaje de vacíos del 3.08%. Nuestro resultado fue de 3.09%, cumpliendo con los estándares definidos en la EG-2013. Se menciona como observación que, como criterio para la diferencia entre los datos, se ha seleccionado una variabilidad del 5%, y los datos obtenidos son similares con una variación del 0.32%.

El mejor resultado con un porcentaje de 2.5 % para el porcentaje de vacíos fue 3.46%. Nuestro mejor resultado fue con un porcentaje de 10 % obteniendo un valor de 3.33 %

para el porcentaje de vacíos, ajustándose a los estándares establecidos en la EG-2013. Se destaca como observación que se ha seleccionado una variabilidad del 5% como criterio para la diferencia entre los datos, resultando en una similitud del 3.75% en los datos obtenidos.

El resultado más desfavorable con un porcentaje del 30 % para el porcentaje de vacíos fue 5.23%. Nuestro resultado más desfavorable fue con un porcentaje de 20 % obteniendo un valor de 4.34 % para el porcentaje de vacíos. Se menciona como observación que se ha elegido una variabilidad del 5% como criterio para la diferencia entre los datos, lo que resulta en una discrepancia del 17.02% en los datos obtenidos.

Así también se contrastaron con Purizaca y Tolentino (2022), quienes incorporaron PCR porcentualmente para mejorar propiedades mecánicas de mezclas asfálticas, obteniendo:

El mejor resultado con un porcentaje de 1 % para el porcentaje de vacíos fue 3.91%. Nuestro mejor resultado fue con un porcentaje de 10 % obteniendo un valor de 3.33 % para el porcentaje de vacíos, cumpliendo con los parámetros establecidos en la EG-2013. Se señala como observación que se ha elegido una variabilidad del 5% como referencia para la diferencia entre los datos, lo cual resulta en una divergencia del 14.83% en los datos obtenidos.

El resultado más desfavorable con un porcentaje del 2.5 % para el porcentaje de vacíos fue 4.91%. Nuestro resultado más desfavorable fue con un porcentaje de 20 % obteniendo un valor de 4.34 % para el porcentaje de vacíos. Se menciona como observación que, para establecer la diferencia entre los datos, se ha seleccionado una variabilidad de los resultados del 5%. Por lo tanto, los datos recopilados presentan una discrepancia con una variación del 11.60%.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Basándonos en la premisa global establecida en la investigación, se ha observado después de las actividades de laboratorio, que la incorporación de PCR mejora las propiedades mecánicas del asfalto.
2. Siguiendo la hipótesis específica 01 planteada en la investigación, se ha confirmado después de los ensayos de laboratorio, de acuerdo con el Manual de Carreteras EG-2013, que la introducción del 15% de PCR presenta la resistencia de asfalto más destacada, con un resultado de 98.9 kg/cm<sup>2</sup>.
3. De acuerdo con la hipótesis específica 02 formulada en la investigación, se ha constatado tras las tareas de laboratorio, conforme al Manual de Carreteras EG-2013, que la introducción del 20% de PCR brinda la mejor estabilidad, mejorando la resistencia del asfalto con un resultado de 7.28 kn.
4. De acuerdo a la hipótesis específica 03 presentada en la investigación, se ha evidenciado luego de las actividades de laboratorio de acuerdo al Manual de Carreteras EG-2013, que la adición de PCR al 20% obtiene el mejor flujo con valor de 12.09mm, teniendo una mayor capacidad de deformación de la mezcla asfáltica bajo cargas.
5. Siguiendo lo planteado en la hipótesis específica 04 según la investigación, se ha demostrado después de las actividades de laboratorio, conforme al Manual de Carreteras EG-2013, que la inclusión de PCR al 10% presenta el óptimo porcentaje de vacíos, alcanzando un resultado del 3.33%.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que los investigadores siguientes recojan muestras de las tres regiones naturales del Perú, utilizando esta tesis como referencia para la formulación de una mezcla de asfalto en frío. El propósito es comparar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica y determinar en qué región se evidencian mejoras en dichas propiedades.
- Se recomienda trabajar con porcentajes inferiores al 15% de adición de PCR, ya que, según los estudios de laboratorio realizados, se evidenció que existe un punto de quiebre al 17.5% de adición de PCR, ocasionando una disminución en la resistencia de las mezclas asfálticas.
- Se recomienda utilizar el PCR si se requiere mejorar la estabilidad como propiedad mecánica de las mezclas asfálticas, ya que según nuestros resultados de laboratorio se evidenció que, a mayor porcentaje de adición de PCR, existe una notable mejora.
- Se recomienda utilizar el PCR si se requiere mejorar el flujo como propiedad mecánica de las mezclas asfálticas, ya que según nuestros resultados de laboratorio se evidenció que, a mayor porcentaje de adición de PCR, existe una notable mejora.
- Se recomienda trabajar con porcentajes entre el 10% y 20% de adición de PCR, ya que según los estudios de laboratorio realizados se mantienen dentro de los parámetros de la EG.2013.

## REFERENCIAS

AGING Properties and Mechanism of Microwave-Activated Crumb Rubber Modified Asphalt Binder por Zhou Tao [et al]. *Frontiers in Materials* [en línea]. Volume 7, 2020. [Fecha consulta: 8 de marzo 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.603938>

ISSN: 2296-8016

ALARCÓN, José. Viabilidad de uso del asfalto caucho en la región de Tunja, Colombia. *Revista Espacios* [en línea]. Vol. 40, núm. 34, pp. 12, 2019. [Fecha de consulta: 7 de marzo de 2023].

Disponible en: <http://es.revistaespacios.com/a19v40n34/19403412.html>

ISSN: 2739-0071

ARANGURI, Juan y VALVERDE, Hristo. Análisis comparativo del comportamiento estructural de mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas emulsionadas en los pavimentos. Tesis (Titulo). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018.

ASPECTOS del Diseño Volumétrico de Mezclas Asfálticas por Garnica Anguas Paul [et al]. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte [en línea]. Publicación Técnica No 246 Sanfandila, Qro, 2004. [Fecha consulta: 6 de marzo 2023].

Disponible en:

<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>

ISSN: 0188-7297

AYALA, Karla y HEREDIA, Joel. Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca. Tesis (Titulo). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2019. BLANCO, Farid y MONTAÑEZ, Juan. Análisis del Comportamiento Físico-En Mezclas Asfálticas MDC-19 Modificado con Sodio y Glucosa. Tesis (Titulo). Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2016.

BOZA, Jason. Adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

CAMPAÑA, Kleber, GALEAS, Salome y GUERRERO, Víctor. Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores. Revista Politécnica [en línea]. Vol. 36, No. 3, 2015. [Fecha consulta: 10 de marzo 2023].

Disponible en:

[https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/513](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/513)

ISSN: 1390-0129

CARDOZA, María Alejandra, PALOMINO, Karol y ANGULO, Gina. Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia. Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo [en línea]. Vol. 10, núm. 2, pp. 17-27, 2019. [Fecha consulta: 8 de marzo 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.25213/2216-1872.16>

ISSN: 2216-1872

CASTRO, Adrian y LEÓN, Alexander. Influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019. Tesis (Titulo). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2019.

CHAMBA, Fátima y BENAVIDES, Jonathan. Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado. Tesis (Titulo). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.



CHÁVARRI, Luis y FALEN, Jorge. Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.

CLEMENTE, Sheyla y MAQUERA, Luz. Incorporación de neumáticos fuera de uso con reducción de porcentajes de arena gruesa para elaboración de asfalto en frío, 2022. Tesis (Titulo). Lima: Universidad César Vallejo, 2022.

CONTRERAS, Cesar y MAMANI, Diego. Reducción de la deformación permanente en pavimentos diseñados con mezclas asfálticas en caliente a través de la incorporación de polvo de caucho proveniente de neumáticos usados. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.

DELGADO, Miguel. Influence of four non-conventional additives on the physical, rheological and thermal properties of an asphalt. Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería e Investigación [en línea]. Vol. 38, núm. 2, pág. 18-26, 2018. [Fecha de consulta: 7 de marzo de 2023].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v38n2.68638>

ISSN: 2248-8723

DÍAZ, César y CASTRO, Liliana. Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá [en línea]. Universidad Santo Tomás, 2017. [Fecha consulta: 10 de marzo 2023].

Disponible en: <https://hdl.handle.net/11634/2633>

ENVIRONMENTALLY friendly polymer-rubber composites obtained from waste tyres: A review. Journal of Cleaner Production por Sienkiewicz Maciej [et al]. Journal of Cleaner Production [en línea] Volume 147, Pages 560- 571, 2017. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.121>

ISSN: 0959-6526

EXPERIMENTAL characterization of storage stability of crumb rubber modified bitumen with warm-mix additives por Wang Haopeng [et al]. Construction and Building Materials [en línea]. Volume 249, 2020. [Fecha consulta: 9 de marzo 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118840>

ISSN: 0950-0618

FLORES, Jhon. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

GALARZA, Bethsabe y TITUAÑA, Richard. Evaluación de la incorporación de polvo de caucho en una mezcla asfáltica en frío. Tesis (Titulo). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2022.

GRANADOS, José. Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Caucho Mediante Proceso por Vía Seca Respecto a la Mezcla Asfáltica Convencional. Tesis (Magister en ingeniería vial con mención en carreteras, puentes y túneles). Lima: Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, 2017.

HESAMI, Ebrahim; ATAOLLAHI, Abolfazl y SEDEGHI, Vahid. Performance evaluation of microsurfacing with rubber powder [en línea]. Junio 2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022].

Disponible en <https://doi.org/10.1177/0892705720930760>

MANTILLA, Javier y CASTAÑEDA, Eduardo. Estudio experimental del efecto del caucho reciclado y la asfaltita en el desempeño del asfalto. Universidad Nacional de Colombia, Revista DYNA [en línea]. Vol. 86, núm. 208, pp. 257-263, 2019. [Fecha de consulta: 7 de marzo de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.69400>

ISSN: 0012-7353

METODOLOGÍA de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis [en línea] por Ñaupas Paitán Humberto [et al]. 5ta. Edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2018.

Disponible en:  
[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf)

ISBN: 978-958-762-876-0

MORANTE, Mary. Utilización de gránulos de caucho triturado de neumáticos fuera de uso en mezclas asfálticas en frío con emulsión y material fresado. Tesis (Titulo). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2019.

OLARTE, Carlos. Análisis comparativo del diseño de pavimento empleando mezcla Asfáltica Convencional y con adición de Caucho Reciclado Av. Santa Ana Comas 2020. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

PELAEZ, Gabriel, VELAZQUEZ, Sandra y GIRALDO, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Universidad Militar Nueva Granada, Ciencia e ingeniería Neogranadina [en línea]. Vol. 27, núm. 2, pp. 27-50, 2017. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rcin.2143>

ISSN: 0124-8170

PERFORMANCE Evaluation of Crumb Rubber-Modified Asphalt Mixtures Based on Laboratory and Field Investigations por Irfan Muhammad [et al]. Arabian Journal for Science and Engineering [en línea]. Volume 43, Pages 1795-1806, 2018. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2729-2>

ISSN: 1319-8025

PORTOCARRERO, Max. Influencia del caucho reciclado en la mezcla asfáltica en frío para el uso en el parchado de la carpeta asfáltica. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019.

PURIZACA, Ruben y TOLENTINO, Nehemias. Incorporación de caucho reciclado para la mejora de las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica de la vía Trujillo – Laredo. Tesis (Titulo). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2022.

RAMÍREZ, Julio. Concreto asfáltico reciclado con caucho molido para el rejuvenecimiento en una mezcla asfáltica tibia. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2022.

RIVERA, Abel y TOCTO, Santos. Influencia del polvo de caucho de neumáticos en la mezcla asfáltica para la pavimentación de la Av. Los Incas-Chiclayo 2021. Tesis (Titulo). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2021.

ROBLES, Agustín. Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, 2018. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

SALAZAR, Stéphanie. Incorporación de Caucho Reciclado en las Mezclas Asfálticas para Mejorar Pavimentos Flexibles en la Ciudad de Lima, Perú 2019. Tesis (Titulo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019.

SRI, Paravita y TJANDRA, Daniel. Use of Crumb Rubber as an Additive in Asphalt Concrete Mixture. Procedia Engineering [en línea]. Volume 171, Pages 1384-1389, 2017. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.451>

ISSN: 1877-7058

SUAREZ, Alexander. Análisis monotonico de mezclas densas en caliente con asfalto modificado con 50% de caucho y 50% de cuero. Tesis (Titulo). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019.

TÉCNICAS e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos [en línea] por Useche María Cristina [et al]. 1era. Edición. Colombia: Universidad de la Guajira, 2019.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/344256464\\_Tecnicas\\_e\\_instrumentos\\_de\\_recoleccion\\_de\\_datos\\_Cuali-Cuantitativos](https://www.researchgate.net/publication/344256464_Tecnicas_e_instrumentos_de_recoleccion_de_datos_Cuali-Cuantitativos)

ISBN: 978-956-6037-04-0

THERMO-MECHANICAL coupling analysis of transient temperature and rolling resistance for solid rubber tire: Numerical simulation and experimental verification por Li Fanzhu [et al]. Composites Science and Technology [en línea]. Volume 167, Pages 404-410, 2018. [Fecha consulta: 8 de marzo 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.08.034>

ISSN: 0266-3538

VERDEZOTO, Carlos. Elaboración de una mezcla para carpeta de rodadura de pavimento flexible con cemento asfáltico modificado utilizando polvo de caucho. Tesis (Titulo). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.

VILLAMIZAR, Néstor y TORRES, Ingrid. Determinación del rango de porcentaje de vacíos en la base tratada con asfalto en caliente como parámetro de control de la mezcla [en línea]. Universidad Pontificia Bolivariana, 2013. [Fecha consulta: 6 de marzo 2023].

Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5828>

YUNG, Yee Wan, CORDOBA, Jorge, y RONDÓN, Hugo. Evaluation of abrasion of a modified drainage mixture with rubber waste crushed (GCR). Revista Tecnura [en línea]. Vol. 20, núm. 50, pp. 106–118. [Fecha de consulta: 8 de marzo de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22487638.11565>

**ISSN:** 2248-76

## ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	VI: ADICIÓN DE POLVO DE CAUCHO RECICLADO	Adición del polvo de caucho reciclado.	% de adición de polvo de caucho reciclado (10%, 12,5%, 15%, 17,5% y 20%).	Tipo: Aplicada
¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023?	Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023.	La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023.				Diseño: Experimental Puro
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica	VD: PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia	Kg/cm2	Población: 72 Probetas de Asfalto
¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la resistencia de mezclas asfálticas-2023?,	Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la resistencia de mezclas asfálticas-2023.	La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora la resistencia de mezclas asfálticas 2023.		Estabilidad	kn	Técnica: observación
¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas?	Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas-2023.	La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora la estabilidad de las mezclas asfálticas-2023.		Flujo	mm	
¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el flujo de las mezclas asfálticas?,	Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el flujo de las mezclas asfálticas-2023.	La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora el flujo de las mezclas asfálticas-2023.		Porcentaje de vacíos	%	
¿De qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas?	Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en el porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas-2023.	La influencia porcentual de la adición de polvo de caucho reciclado mejora el porcentaje de vacíos de las mezclas asfálticas.				

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**INGENIERÍA CIVIL**  
**FICHA DE OBSERVACIÓN DE LABORATORIO**

Objetivo: Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023

MUESTRA 1	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>Polvo de Caucho Reciclado (PCR)</b>					
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	0%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
Resistencia						
Estabilidad						
Flujo						
Porcentaje de vacíos						

MUESTRA 2	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>Polvo de Caucho Reciclado (PCR)</b>					
<b>PROPIEDADES MECANICAS</b>	0%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
Resistencia						
Estabilidad						
Flujo						
Porcentaje de vacíos						

MUESTRA 3	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>Polvo de Caucho Reciclado (PCR)</b>					
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	0%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
Resistencia						
Estabilidad						
Flujo						
Porcentaje de vacíos						



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**INGENIERÍA CIVIL**  
**FICHA DE OBSERVACIÓN DE LABORATORIO**

Objetivo: Determinar de qué manera influye el porcentaje de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas – 2023

MUESTRA 1	VARIABLE INDEPENDIENTE Polvo de Caucho Reciclado (PCR)					
	0%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>						
Resistencia	82.3	86.5	92.1	99	96.9	92.8
Estabilidad	5.90	6.20	6.58	6.86	7.25	7.31
Flujo	9.26	11.30	11.48	11.68	11.86	12.05
Porcentaje de vacíos	3.00	3.72	3.78	3.53	4.09	4.44

MUESTRA 2	VARIABLE INDEPENDIENTE Polvo de Caucho Reciclado (PCR)					
	0%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>						
Resistencia	78.4	86.6	92.7	97.8	94.5	91.9
Estabilidad	5.91	6.28	6.67	6.80	7.10	7.28
Flujo	9.28	11.40	11.50	11.74	11.90	12.13
Porcentaje de vacíos	3.21	2.97	3.19	2.70	3.6	3.61

MUESTRA 3	VARIABLE INDEPENDIENTE Polvo de Caucho Reciclado (PCR)					
	0%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>						
Resistencia	80.8	87.1	92.7	99.9	96.3	92.7
Estabilidad	5.95	6.25	6.70	6.82	7.15	7.25
Flujo	9.24	11.36	11.55	11.72	11.5	12.08
Porcentaje de vacíos	3.06	3.32	4.17	4.109	4.298	5.018

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-054

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura****T-26205-005 R0**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Equipment</i>	HORNO ELÉCTRICO
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	A&A INSTRUMENTS
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	STHX-3A
<b>Número de Serie</b> <i>SERIAL NUMBER</i>	201023
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	30 °C a 300 °C
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	LGSM SAC
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	TACNA
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2023 - 03 - 16
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2023 - 04 - 10
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se saquen de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**Ing. Miguel Andrés Vela**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LMP-C-01-F-01 R10

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**DATOS TÉCNICOS**

**Método Emplead** Comparación Directa  
**Documento de Referencia** DAkkS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken Ausgabe 09/2018  
**Resolución** 0,1 °C  
**Patrón(es) de referencia** Termómetro Digital  
**Certificado de Calibración** T-24241-002 R0 de Pinzuar  
**Volumen útil** 200 L

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se establece que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas definidas del Método A) Calibración realizada en el volumen útil abarcado por la ubicación de los sensores en un medio isotermo aire sin carga

Indicación del Patrón °C	Indicación del Equipo °C	Corrección °C	Incertidumbre Expandida °C	k <sub>p=95,45</sub> %
62,0	60,0	2,0	2,8	2,0
112,0	110,0	2,0	3,0	2,0

Tabla 1. Resultados de la calibración



Gráfico 1. Ubicación de los sensores

**Resultados de la Caracterización para 60 °C**

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
60,00	0,17	2,41	0,00	-----

Tabla 2. Resultados de la caracterización

Sensor de Referencia °C	Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C
62,03	59,74	60,78	61,94	60,89	61,83	64,43	62,81	63,11

Tabla 3. Valor promedio de los sensores

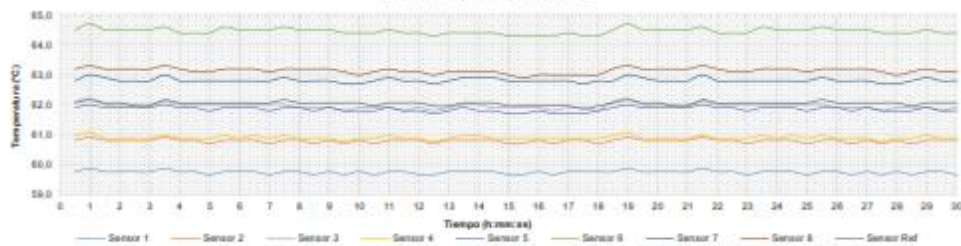


Gráfico 2. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-31-F-01 R8.0

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN** (Continuación)

Resultados de la Caracterización para 110 °C

Set Point <sup>1</sup>	Estabilidad del Medio <sup>2</sup>	Uniformidad del Medio <sup>3</sup>	Efecto de Radiación <sup>4</sup>	Efecto de Carga <sup>5</sup>
°C	°C	°C	°C	°C
110,00	0,10	2,56	0,04	-----

Tabla 4. Resultados de la caracterización

Sensor de Referencia	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
109,66	110,61	108,75	112,22	109,20	108,42	110,26	111,34	111,65

Tabla 5. Valor promedio de los sensores

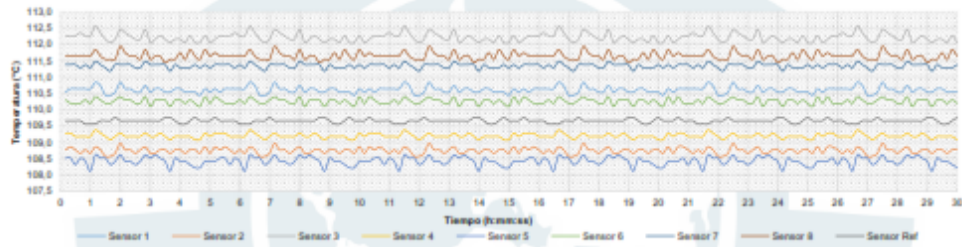


Gráfico 3. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R&D

## LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



**T-26205-005 R0**

Page / Pág 4 de 4

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

#### Definiciones

- <sup>1</sup> Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- <sup>2</sup> Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>3</sup> Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>4</sup> Intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire. Medida con un termómetro que está protegido contra la influencia de la pared con un escudo de radiación.
- <sup>5</sup> Máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Prueba ejecutada a petición del cliente.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue LABORATORIO ; INGESERVICIOS S.A.C. ; TACNA . Durante la calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima 23,4 °C  
Temperatura Mínima 23,2 °C

Humedad Máxima 52 %HR  
Humedad Mínima 50 %HR

#### INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

#### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



#### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y su ubicación son acordados y aceptados por el cliente
3. El volumen útil o Zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
4. Se adjunta la etiqueta de calibración No. T-26205-005

Fin del Documento

IAF-PC-21-F-01 RB.D

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-054

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**

**M-26330-026 R0**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	R31P30	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	8342036948	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum Load</i>	30000 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	LGSM SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	TACNA	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023-03-16	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023-04-10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

Tceg. Jaiver Arnulfo López  
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

Tceg. Francisco Durán Romero  
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

UNP024F01 R1.7

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

60/EE 1705:2017  
 11-UC-004

**M-26330-026 R0**

Page / Pág. 2 de 4

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	8342036948
<b>Identificación Interna</b>	NO INDICA
<b>Resolución</b>	1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	5 g a 30000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1 y F1
<b>Certificado No.</b>	M-23728-001 PINZUAR /CAP-481-21 WR Laboratorios / M-23728-002 PINZUAR /CAP-591-21 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una pre carga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4.5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
 Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k <sup>1</sup> p=95,45%
5,0	5	5	0,0	0,0	1,3	2,10
20,0	20	20	0,0	0,0	1,3	2,10
500,0	500	500	0,0	0,0	1,3	2,10
1 000,0	1 000	1 000	0,0	0,0	1,3	2,10
2 000,0	2 000	2 000	0,0	0,0	1,3	2,10
5 000,0	5 000	5 000	0,0	0,0	1,4	2,09
7 000,0	7 000	6 999	0,0	- 1,0	1,4	2,08
15 000,0	15 001	15 001	1,0	1,0	1,6	2,05
20 000,0	20 000	20 000	0,0	0,0	1,7	2,03
30 000,0	30 001	30 001	1,0	1,0	2,2	2,02

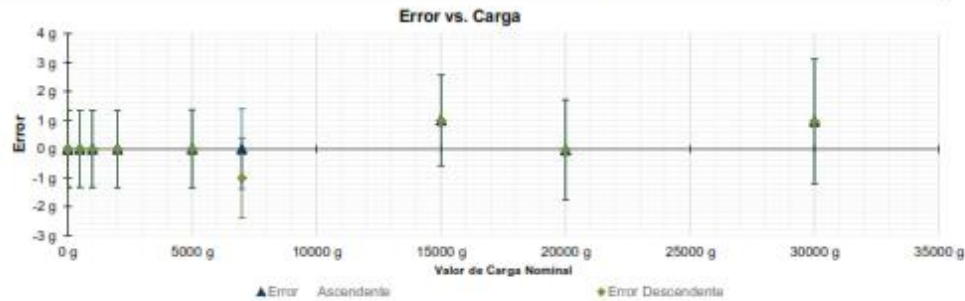


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
 LMR-26-F-01 R7.7

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**  
 Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 10000 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
-----	g	g
1	10 000	-----
2	10 000	0
3	10 001	1
4	10 001	1
5	10 001	1
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>1</b>

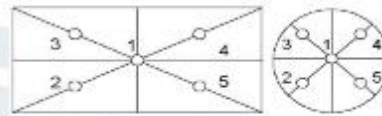


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**  
 Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	15000 g	30000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	15 001	30 000
2	15 001	30 000
3	15 001	30 000
4	15 001	30 001
5	15 001	30 001
6	15 001	30 000
7	15 001	30 000
8	15 001	30 000
9	15 000	30 001
10	15 001	30 000
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,28 g</b>	<b>0,48 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGESERVICIOS S.A.C.; TACNA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

<b>Temperatura Máxima:</b>	22,4 °C	<b>Temperatura Mínima:</b>	22,2 °C
<b>Humedad Máxima:</b>	55 % HR	<b>Humedad Mínima:</b>	52 % HR
<b>Presión Barométrica Máxima:</b>	1005,0 hPa	<b>Presión Barométrica Mínima:</b>	1005,0 hPa

LM-PC-24-F-01 R7.7



## LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

60/EE 17025:2017  
11-LAC-004

M-26330-026 R0

Página / Pág. 4 de 4

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 2,61 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 4,00 E-01 + 1,57 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. M-26330-026

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R07

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-004

## Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

**M-26205-002 R0**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PAJ3102	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	B810512379	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum Load</i>	3100 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	LGSM SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	TACNA	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023-03-16	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023-04-07	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

### Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

**Ing. Miguel Vela Avellaneda**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Feog. Francisco Durán Romero**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO R17

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-004

**M-26205-002 R0**

Page / Pág. 2 de 4

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleados</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	B810512379
<b>Identificación Interna</b>	NO INDICA
<b>Resolución</b>	0,01 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	5 g a 3100 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1
<b>Certificado No.</b>	M-23726-001 PINZUAR /CAP-481-21 WR Laboratories
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una pre carga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4.5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**  
 Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k <sup>1</sup> p=95,45%
5,000	5,00	4,99	0,000	-0,010	0,017	2,17
10,000	10,00	9,99	0,000	-0,010	0,017	2,17
20,000	20,00	19,99	0,000	-0,010	0,017	2,17
50,000	50,01	50,00	0,010	0,000	0,017	2,17
100,000	100,00	100,00	0,000	0,000	0,017	2,17
200,000	200,00	200,00	0,000	0,000	0,017	2,17
500,000	500,00	500,00	0,000	0,000	0,017	2,16
1 000,001	1 000,00	1 000,00	-0,001	-0,001	0,018	2,13
2 000,001	2 000,01	2 000,01	0,009	0,009	0,020	2,06
3 100,001	3 100,01	3 100,01	0,009	0,009	0,024	2,03



Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
 LMPD-24-F-01 R7.7

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**  
 Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 1050 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
-----	g	g
1	1050,00	-----
2	1050,01	0,01
3	1050,00	0,00
4	1050,01	0,01
5	1050,01	0,01
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,01</b>

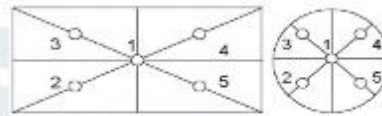


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**  
 Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	1500 g	3000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	1500,01	3000,01
2	1500,01	3000,01
3	1500,00	3000,02
4	1500,01	3000,01
5	1500,01	3000,01
6	1500,01	3000,01
7	1500,00	3000,00
8	1500,01	3000,00
9	1500,01	3000,00
10	1500,01	3000,00
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,004 2 g</b>	<b>0,006 7 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue Laboratorio, INGESERVICIOS S.A.C.; TACNA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	22,4 °C	Temperatura Mínima:	22,2 °C
Humedad Máxima:	54 % HR	Humedad Mínima:	52 % HR
Presión Barométrica Máxima:	1005,0 hPa	Presión Barométrica Mínima:	1005,0 hPa

## LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

60/EE 17025:2017  
11-LAC-004

M-26205-002 R0

Página / Pág. 4 de 4

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R$ , y también obtener su incertidumbre expandida  $U_R$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,04 E-06 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 6,22 E-05 + 2,31 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

### TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-26205-002**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R07

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-054

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza****F-26205-014 R0**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	A&A INSTRUMENTS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	STYE2000B	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	131213	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	2000 kN	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	LGSM SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	TACNA	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023-03-16	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023-04-10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-06-F-01 R12.4

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-004

**F-26205-014 R0**

Pág. 2 de 5

---

**DATOS TÉCNICOS**


---

**Máquina de Ensayo Bajo Calibración**

<b>Clase</b>	No Identificable
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital
<b>División de Escala</b>	0,1 kN
<b>Resolución</b>	0,1 kN
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 10 % al 50 % de la carga máxima.
<b>Límite Inferior de la Escala</b>	10 kN

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**


---

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

**Tabla 1.**

Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S <sub>1,2 y 3</sub> kN
		S <sub>1</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> Ascendente kN	S <sub>2'</sub> No Aplica ---	S <sub>3</sub> Ascendente kN	S <sub>4</sub> No Aplica ---	
%	kN						
10	200,0	198,61	200,30	---	200,50	---	199,80
15	300,0	299,80	302,41	---	299,47	---	300,56
20	400,0	396,30	398,41	---	399,49	---	398,07
25	500,0	496,41	498,33	---	500,23	---	498,32
30	600,0	597,41	599,41	---	601,07	---	599,30
35	700,0	697,37	699,34	---	702,41	---	699,71
40	800,0	797,41	800,56	---	802,60	---	800,19
45	900,0	898,63	900,47	---	902,44	---	900,51
50	1 000,0	998,43	1 000,5	---	1 001,0	---	999,98

LM-PC-05-P-01 R12.4

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.**

Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

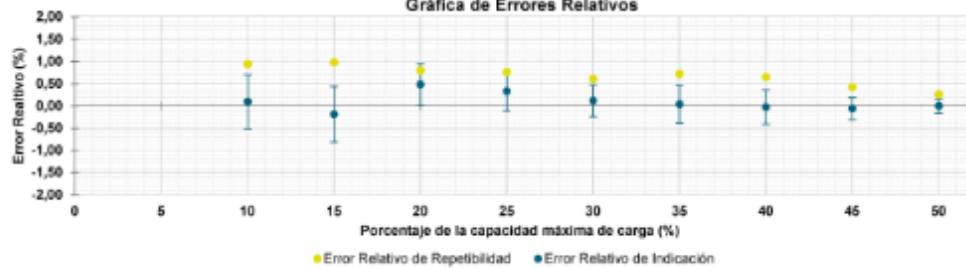
$f_{0,51}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,53}$ %	$f_{0,54}$ %
0,005	0,005	----	0,005	----

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Errores Relativos				Resolución Relativa $a$ %	Incertidumbre Expandida $U$		$k_{p=95\%}$ ----
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	$v$ %		$q$ %	$b$ %	
	%	kN	%					
10	200,00	0,10	0,95	----	0,050	1,2	0,60	2,01
15	300,00	-0,19	0,98	----	0,033	1,9	0,62	2,01
20	400,00	0,48	0,80	----	0,025	1,9	0,47	2,01
25	500,00	0,34	0,76	----	0,020	2,2	0,44	2,01
30	600,00	0,12	0,61	----	0,017	2,1	0,36	2,01
35	700,00	0,04	0,72	----	0,014	3,0	0,42	2,01
40	800,00	-0,02	0,65	----	0,013	3,0	0,38	2,01
45	900,00	-0,06	0,42	----	0,011	2,2	0,25	2,01
50	1 000,0	0,00	0,26	----	0,010	1,6	0,16	2,01

**Gráfica de Errores Relativos**



**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la Calibración fue Laboratorio de la empresa INGESERVICIOS S.A.C. ubicada en TACNA. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 22,7 °C  
 Humedad Relativa Máxima: 56 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 22,5 °C  
 Humedad Relativa Mínima: 54 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.4



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 4.**

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R<sup>2</sup>, el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	R <sup>2</sup>
5,53417 E00	9,62710 E-01	6,32032 E-05	-3,13215 E-08		1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kN)

Indicación kN	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0
200,0	200,35	210,20	220,06	229,92	239,79
250,0	249,67	259,56	269,46	279,36	289,27
300,0	299,19	309,12	319,05	328,99	338,93
350,0	348,68	358,64	368,80	378,77	388,75
400,0	398,73	408,71	418,70	428,70	438,69
450,0	448,70	458,71	468,72	478,73	488,75
500,0	498,77	508,80	518,83	528,86	538,90
550,0	548,93	558,97	569,01	579,06	589,10
600,0	599,15	609,20	619,24	629,29	639,35
650,0	649,40	659,45	669,50	679,55	689,61
700,0	699,66	709,71	719,76	729,81	739,86
750,0	749,90	759,95	769,99	780,04	790,08
800,0	800,12	810,15	820,18	830,21	840,24
850,0	850,27	860,29	870,31	880,32	890,33
900,0	900,33	910,34	920,33	930,33	940,31
950,0	950,30	960,27	970,24	980,21	990,17
1 000,0	1 000,1				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
200,0	199,80	200,35	0,6
300,0	300,56	299,19	- 1,4
400,0	398,07	398,73	0,7
500,0	498,32	498,77	0,5
600,0	599,30	599,15	- 0,1
700,0	699,71	699,66	0,0
800,0	800,19	800,12	- 0,1
900,0	900,51	900,33	- 0,2
1 000,0	999,95	1 000,1	0,1

LMPC-05-F-01 R12.4

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

**TRAZABILIDAD****Instrumento de Referencia**

<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 1 MN.
<b>Modelo</b>	KAL 1MN.
<b>Clase</b>	0,5.
<b>Número de Serie</b>	017403.
<b>Certificado de Calibración</b>	5047 del INM.
<b>Próxima Calibración</b>	2023-02-03.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la Calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

**CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO**

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

**OBSERVACIONES**

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-26205-014

Fin del Certificado

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
 11-LAC-054

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza****F-26205-013 R0**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Página / Pág. 1 de 5

**Equipo**  
 Instrument PRENSA MARSHALL

**Fabricante**  
 Manufacturer UTEST

**Modelo**  
 Model UTAS0056

**Número de Serie**  
 Serial Number 17/0011657

**Identificación Interna**  
 Internal Identification NO INDICA

**Capacidad Máxima**  
 Maximum Capacity 50 kN

**Solicitante**  
 Customer LGSM SAC

**Dirección**  
 Address AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE  
 TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN

**Ciudad**  
 City LANCHIPA  
 TACNA

**Fecha de Calibración**  
 Date of calibration 2023-03-16

**Fecha de Emisión**  
 Date of issue 2023-04-11

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 05  
 Number of pages of the certificate and documents attached

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Tegn. Oscar Eduardo Briceño**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

IMP-05-F-01 R12.4

**ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO**  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**CANTIDAD DE ASFALTO  
(METODO DE LAS AREAS SUPERFICIALES)**

PROYECTO : Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

SOLICITANTE : Winrie Inethé Villanueva Valeriano, Evelyn Mamaní Coayla

ESTUDIO : Diseño de mezcla asfáltica

MATERIAL : -

UBICACIÓN : Moquegua - Ilo - Pinalambrica

Km / Prog : -

MUESTRA : -

PROF. : -

FECHA : 15 de Junio de 2023

MARGEN : -

MÉTODO DE LAS AREAS SUPERFICIALES

P. e. (Agregado Grueso): 2.657 g/cc P. e. (Promedio): 2.699 g/cc  
 P. e. (Agregado Fino): 2.710 g/cc Índice de Asfalto (A.S.): 0.00167

FACTORES DE AREA SUPERFICIAL

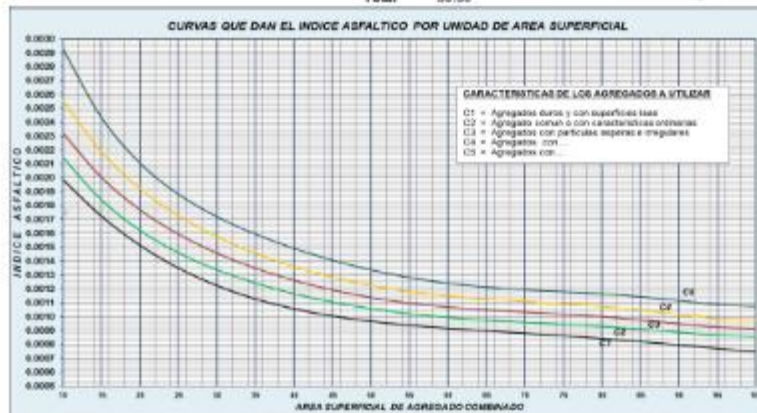
Tamices ASTM	Abertura mm	% Que pasa	Const.(A.S) p2/Wbra	Area Superficial
1 1/2"	38.100	100.00	0	0.00
1"	25.400	100.00	0	0.00
3/4"	19.050	98.56	2	197.12
1/2"	12.700	74.15	2	145.30
3/8"	9.525	62.23	2	124.45
Nº4	4.750	56.65	2	113.30
Nº8	2.380	49.34	4	197.34
Nº16	1.190	35.83	6	206.65
Nº30	0.590	26.45	14	370.36
Nº50	0.300	16.51	30	555.24
Nº100	0.149	8.04	60	482.16
Nº200	0.075	3.60	160	575.23
Total				30.50

$$\% \text{Asf.} = \frac{2.65 \cdot A. \text{Superficial} + \text{Índice Asfalto}}{\text{Peso específico del agregado}}$$

% Asfalto: 3.50 - 7.00 Según Tabla  
 % Asfalto: 5.00

*Juan Adolfo Quiroga*  
 LUIS A. TORRES  
 Ingeniero de Suelos, Petróleos y Minas

*Luis A. Chávez Ordóñez*  
 LUIS A. CHAVEZ ORDÓÑEZ  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

### PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

PROYECTO : Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

SOLICITANTE : Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayla

ESTUDIO : Diseño de mezcla asfáltica

MATERIAL : Agregado grueso

UBICACIÓN : Moquegua - Ilo - P. Italmérica

Km / Prog : -

MUESTRA : -

PROF. : -

FECHA : 15 de Junio de 2023

MARGEN : -

#### PESO ESPECIFICO (PIEDRA)

ITEM	PE-1	PE-2	PE-3
W. Tara (g)	132.03	133.35	140.72
W. Canastilla Sumergida (g)	1011.10	1009.87	1009.99
W.Tara + Muestra SSS (g)	1682.16	1685.92	1664.22
W. canastilla + Muestra sumergida (g)	1978.27	1976.93	1955.51
W. Muestra SSS (g)	1550.13	1552.57	1523.50
W. Muestra SSS sumergida (g)	967.17	967.06	945.52
Volumen de la muestra SSS (cc)	582.96	585.51	577.98
Volumen de la muestra (cc)	571.07	573.26	562.70
Peso específico de la masa ( $P_{m}$ ) (g/cc)	2.639	2.631	2.609
Peso específico masa saturada con superficie seca ( $P_{ms}$ ) (g/cc)	2.659	2.652	2.636
Peso específico aparente ( $P_{a}$ ) (g/cc)	2.694	2.687	2.680
Peso específico de la masa ( $P_{m}$ ) (g/cc)	2.626		
Peso específico masa saturada con superficie seca ( $P_{ms}$ ) (g/cc)	2.649		
Peso específico aparente ( $P_{a}$ ) (g/cc)	2.687		

#### ABSORCION (PIEDRA)

ITEM	ABS-1	ABS-2	ABS-3
W. Tara + Muestra seca (g)	1670.27	1673.67	1648.94
W. Muestra Seca (g)	1538.24	1540.32	1508.22
Absorción (%)	0.77	0.80	1.01
Absorción (%)	0.86		

#### RESULTADOS

Peso específico (g/cc)

2.687

Absorción (%)

0.86

  
Juan M. Quiroz Quiroga  
LABORATORISTA  
Ministerio de Salud, Pedagogía y Deportes

  
LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

**PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

**SOLICITANTE :** Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamaril coayla

**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica

**MATERIAL :** Agregado Fino

**UBICACIÓN :** Moquegua - Ilo - P. Inalámbrica

**Km / Prog :** -

**MUESTRA :** -

**PROF. :** -

**FECHA :** 15 de Junio de 2023

**MARGEN :** -

#### GRAVEDAD ESPECIFICA (ARENA)

ITEM	MUESTRAS		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
Volumen de recipiente (cc)	500.00	500.00	500.00
W. Tara (g)	132.03	133.37	140.73
W. Tara + Muestra SSS (g)	659.17	669.36	663.64
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	984.94	984.21	981.53
W. Fiola + Agua (g)	655.73	649.17	654.19
W. Muestra SSS (g)	527.14	535.99	522.91
Peso específico aparente (g/cc)	2.639	2.643	2.649
Peso específico SSS (g/cc)	2.663	2.667	2.674
Peso específico nominal (g/cc)	2.704	2.708	2.716
<b>Peso esp. aparente (g/cc)</b>	<b>2.64</b>		
<b>Peso específico SSS (g/cc)</b>	<b>2.67</b>		
<b>Peso específico nominal (g/cc)</b>	<b>2.71</b>		

#### ABSORCION (ARENA)

ITEM	MUESTRAS		
	ABF-1	ABF-2	ABF-3
W. Tara + Muestra seca (g)	654.42	664.52	658.79
W. Muestra SSS(g)	527.14	535.99	522.91
W. Muestra Seca(g)	522.39	531.15	518.06
<b>Absorción (%)</b>	<b>0.909</b>	<b>0.911</b>	<b>0.936</b>
<b>Absorción (Prom.)(%)</b>	<b>0.919</b>		

#### RESULTADOS

Peso específico (g/cc)

**2.710**

Absorción (%)

**0.919**

  
Juan M. Quispe Quirope  
LABORATORISTA  
Medicina de Edificios, Pavimentos y Bases

  
LUIS A. CHÁVEZ ORDINOLA  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO : Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

SOLICITANTE : Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta

ESTUDIO : Diseño de mezcla asfáltica

MATERIAL : Agregado grueso

UBICACIÓN : Moquegua - Ilo - P.Inalambórica

Km / Prog : -

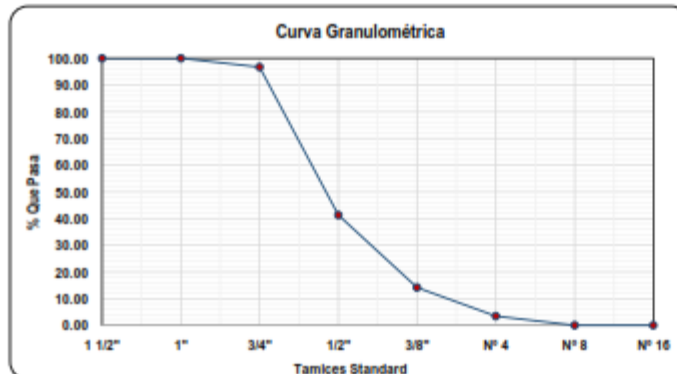
MUESTRA : -

PROF. : -

FECHA : 15 de Junio de 2023

MARGEN : -

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observación
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo del agregado
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	1/2"
3/4"	19.050	170.04	3.27	3.27	96.73	W. Muestra seca (g)
1/2"	12.700	2884.85	55.48	58.75	41.25	5200.00
3/8"	9.525	1409.25	27.10	85.85	14.15	W. Muestra despues lavado (g)
Nº 4	4.760	558.01	10.73	96.58	3.42	5200.00
Nº 8	2.380	177.85	3.42	100.00	0.00	% Perdida
Nº 16	1.190	0.00	0.00	100.00	0.00	-
Base		0.00	0.00	100.00	0.00	
Total		5200.00	-	-	-	



Juan M. Quirica Quiroga  
LABORATORISTA  
Instituto de Suelos, Pavimentos y Recursos

LUIS A. CHAVEZ ORDÍNDOLA  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

**SOLICITANTE :** Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayla

**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica

**MATERIAL :** Agregado fino

**UBICACIÓN :** Moquegua - Ilo - P. Inalámbrica

**Km / Prog :** -

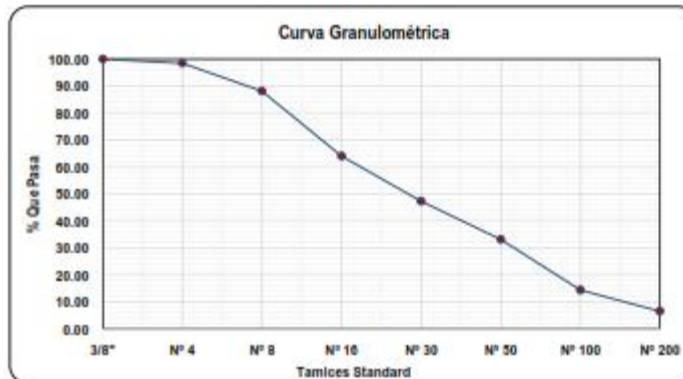
**MUESTRA :** -

**PROF. :** -

**FECHA :** 15 de Junio de 2023

**MARGEN :** -

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Observación
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Tamaño máximo del agregado
Nº 4	4.760	16.26	1.53	1.53	98.47	Nº 8
Nº 8	2.380	110.19	10.37	11.90	88.10	W. Muestra seca (g)
Nº 16	1.190	256.19	24.11	36.01	63.99	1062.57
Nº 30	0.590	177.98	16.75	52.76	47.24	W. Muestra después lavado (g)
Nº 50	0.300	150.78	14.19	66.95	33.05	1001.08
Nº 100	0.149	198.70	18.70	85.65	14.35	% Perdida
Nº 200	0.075	84.26	7.93	93.58	6.42	5.79
Base		68.22	6.42	100.00	0.00	-
Total		1062.57	-	-	-	-



LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 48971

Juan M. Quispe Quirope  
LABORATORISTA  
Medicina de Suelos, Pavimentos y Bases

Observación:

- Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
- El material fue proporcionado por el solicitante.





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

### COMBINACION DE AGREGADOS

**PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

**SOLICITANTE :** Winnie Inette villanueva valentino, evelyn mamani coayla

**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica

**UBICACIÓN :** Moquegua - Ilo - P.Inalambrica

**MUESTRA :** -

**FECHA :** 15 de Junio de 2023

**MATERIAL :** -

**Km / Prog :** -

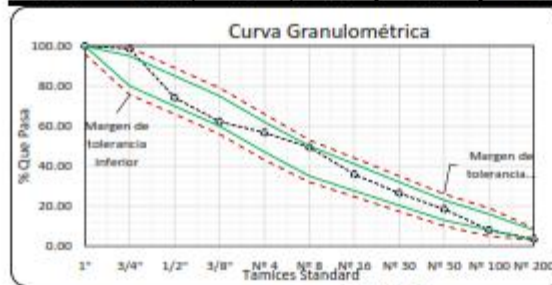
**PROF. :** -

**MARGEN :** -

#### RESULTADO DE TANTEO

Descripción	Primer Tanteo	Segundo Tanteo	Tanteo Resultante
Agregado fino (%)	56.00	57.00	56.00
Agregado grueso (%)	44.00	43.00	44.00

Tamices ASTM	Abertura mm	Ag. Grueso (%)	Ag. Fino (%)	Mezcla Especifica	Gradación MDF-2	Tolerancia (%)
1 1/2"	38.100	44.00	56.00	100.00		
1"	25.400	44.00	56.00	100.00	100	4
3/4"	19.050	42.56	56.00	96.56	80	4
1/2"	12.700	18.15	56.00	74.15		
3/8"	9.525	6.23	56.00	62.23	60	4
Nº 4	4.750	1.50	55.14	56.65	47	4
Nº 5	2.360	0.00	49.34	49.34	35	3
Nº 16	1.190	0.00	35.83	35.83		
Nº 30	0.590	0.00	26.45	26.45		
Nº 50	0.300	0.00	18.51	18.51	13	3
Nº 100	0.149	0.00	8.04	8.04		
Nº 200	0.075	0.00	3.60	3.60	3	1



*Juan Adolfo Quiroga*  
 Ingeiero Civil  
 Registro Profesional N° 108212

*Luis A. Chavez Ordinola*  
 Ingeiero Civil  
 C.I.P. 46971

#### Resultados

Descripción	Tamices frac. gruesa	% Que pasa	Aceptación	Tamices frac. fina	% Que pasa	Aceptación
Mezcla especifica de la combinacion de agregados	1 1/2"	100.00	Aceptado	Nº 4	56.65	Aceptado
	1"	100.00	Aceptado	Nº 5	49.34	Aceptado
	3/4"	96.56	Aceptado	Nº 16	35.83	Aceptado
	1/2"	74.15	Aceptado	Nº 30	26.45	Aceptado
	3/8"	62.23	Aceptado	Nº 50	18.51	Aceptado
Observación	Cumple con la gradación y los márgenes de tolerancias establecidas para el diseño de asfalto en frío.			Nº 100	8.04	Aceptado
				Nº 200	3.60	Aceptado



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA**

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette Villarueva valeriano, evelyn mamari coayla	
<b>ESTUDIO :</b> Diseño de mezcla asfáltica - patron	<b>MATERIAL :</b> -
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ito - P. Inalámbrica	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> -	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 15 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Combinación de agregados (%)	56.00	44.00	Peso específico RC-250 (g/cc)	0.998
2	Combinación de agregados corregida (%)	53.20	41.80	Asfalto (%)	5.000
3	Peso Especifico (g/cc)	2.710	2.687	Espesor (Carpeta asfáltica) (pulg)	2
4	Tamaño Máximo nominal	Nº8	1/2"		
5	Contenido de humedad (%)	0.619	0.17		

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)			CORRECCION POR HUMEDAD		
CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	Peso (kg)	CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m3)
Asfalto	0.005	124.366	Agregado Grueso (Humedo)	1.002	1041.636
Agregado Grueso (seco)	0.016	1039.508	Agregado Fino (Humedo)	1.006	1331.661
Agregado Fino (seco)	0.020	1323.469			
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>2487.723</b>			

**DISEÑO PARA 1.00 m3**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	1041.636
Agregado Fino	1331.661
<b>Asfalto (25.45 Gln)</b>	<b>96.119</b>
<b>Total</b>	<b>2469.416</b>

**DISEÑO PARA 1.00 m2**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	52.915
Agregado Fino	67.648
<b>Asfalto (1.29 Gln)</b>	<b>4.853</b>
<b>Total</b>	<b>125.440</b>

**RESULTADOS**

<u>Combinación de Agregados</u>			
Ag. Fino (%):	56.00	Ag. Grueso (%):	44.00
<u>Combinación de Agregados (Corregida)</u>			
Ag. Fino (%):	53.00	Ag. Grueso (%):	42.00
<u>Cantidad de Asfalto (Gln/m3)</u>			
Asfalto (gln):	25.45	Asfalto (%):	5.000
<u>Cantidad de Asfalto (Gln/m2)</u>			
Asfalto (gln):	1.29	Asfalto (%):	5.000
<u>Trabajabilidad</u>			
Características	Combinación de agregados		
Ag. Fino (%):	53.00	56.00	
Ag. Grueso (%):	42.00	44.00	
Asfalto (gln/m3):	25.45	25.45	

*Juan M. Quiroa Quiroa*  
**Juan M. Quiroa Quiroa**  
 LABORATORISTA  
 Dirección de Salud, Promoción y Recurso

*Luis A. Chavez Ordinola*  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA**

**PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

**SOLICITANTE :** Winnie Inette Villarueva valeriano, Evelyn Mamarí Coayta

**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica - 10% de polvo de caucho

**MATERIAL :** -

**UBICACIÓN :** Moquegua - Ito - P. Inalambrica

**Km / Prog. :** -

**MUESTRA :** -

**PROF. :** -

**FECHA :** 15 de Junio de 2023

**MARGEN :** -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Combinación de agregados (%)	56.00	44.00	Peso específico RC-250 (g/cc)	0.990
2	Combinación de agregados corregida (%)	53.20	41.80	Asfalto (%)	5.000
3	Peso Específico (g/cc)	2.710	2.687	Espesor (Carpeta asfáltica) (pulg)	2
4	Tamaño Máximo nominal	Nº6	1/2"		
5	Contenido de humedad (%)	0.619	0.17		
5	Polvo de caucho (%)	10.00%			

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)				CORRECCION POR HUMEDAD		
CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	Peso (kg)	CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m3)	
Asfalto	0.005	124.306	Agregado Grueso (Humedo)	1.002	1041.636	
Agregado Grueso (seco)	0.016	1039.868	Agregado Fino (Humedo)	1.006	1331.661	
Agregado Fino (seco)	0.020	1323.469				
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>2487.723</b>				

**DISEÑO PARA 1.00 m3**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	1041.636
Agregado Fino	1331.661
polvo de caucho	237.330
Asfalto (25.45 Gln)	96.119
<b>Total</b>	<b>2706.745</b>

**DISEÑO PARA 1.00 m2**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	52.915
Agregado Fino	67.645
polvo de caucho	12.056
Asfalto (1.29 Gln)	4.803
<b>Total</b>	<b>137.503</b>

**RESULTADOS**

Combinación de Agregados

Ag. Fino (%):	56.00	Ag. Grueso (%):	44.00
---------------	-------	-----------------	-------

Combinación de Agregados (Corregida)

Ag. Fino (%):	53.00	Ag. Grueso (%):	42.00
---------------	-------	-----------------	-------

Cantidad de Asfalto (Gln/m3)

Asfalto (gln):	25.45	Asfalto (%):	5.000
----------------	-------	--------------	-------

Polvo de caucho

muestra total = 10% ag. Fino y grueso

Cantidad de Asfalto (Gln/m2)

Asfalto (gln):	1.29	Asfalto (%):	5.000
----------------	------	--------------	-------

Trababilidad

Características	Combinación de agregados	
Ag. Fino (%):	53.00	56.00
Ag. Grueso (%):	42.00	44.00
Asfalto (gln/m3):	25.45	25.45

*Juan M. Quiroga Quiroga*  
**JUAN M. QUIROGA QUIROGA**  
 LABORATORISTA  
 Dirección de Salud, Promoción y Recreación

*Luis A. Chavez Ordinola*  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA**

**PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

**SOLICITANTE :** Winnie Inette Villarueva valeriano, Evelyn Mamarí Coayta

**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica - 12.5% de polvo de caucho

**MATERIAL :** -

**UBICACIÓN :** Moquegua - Ito - P. Inalambrica

**Km / Prog. :** -

**MUESTRA :** -

**PROF. :** -

**FECHA :** 15 de Junio de 2023

**MARGEN :** -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Combinación de agregados (%)	56.00	44.00	Peso específico RC-250 (g/cc)	0.990
2	Combinación de agregados corregida (%)	53.20	41.80	Asfalto (%)	5.000
3	Peso Específico (g/cc)	2.710	2.687	Espesor (Carpeta asfáltica) (pulg)	2
4	Tamaño Máximo nominal	Nº6	1/2"		
5	Contenido de humedad (%)	0.619	0.17		
5	Polvo de caucho (%)	12.50%			

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)				CORRECCION POR HUMEDAD		
CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	Peso (kg)		CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m3)
Asfalto	0.005	124.306		Agregado Grueso (Humedo)	1.002	1041.636
Agregado Grueso (seco)	0.016	1039.868		Agregado Fino (Humedo)	1.006	1331.661
Agregado Fino (seco)	0.020	1323.469				
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>2487.723</b>				

**DISEÑO PARA 1.00 m3**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	1041.636
Agregado Fino	1331.661
polvo de caucho	296.062
Asfalto (25.45 Gln)	96.119
<b>Total</b>	<b>2766.078</b>

**DISEÑO PARA 1.00 m2**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	52.915
Agregado Fino	67.648
polvo de caucho	15.070
Asfalto (1.29 Gln)	4.803
<b>Total</b>	<b>140.517</b>

**RESULTADOS**

Combinación de Agregados

Ag. Fino (%):	56.00	Ag. Grueso (%):	44.00
---------------	-------	-----------------	-------

Combinación de Agregados (Corregida)

Ag. Fino (%):	53.00	Ag. Grueso (%):	42.00
---------------	-------	-----------------	-------

Cantidad de Asfalto (Gln/m3)

Asfalto (gln):	25.45	Asfalto (%):	5.000
----------------	-------	--------------	-------

Polvo de caucho

muestra total = 12.5% ag. Fino y grueso

Cantidad de Asfalto (Gln/m2)

Asfalto (gln):	1.29	Asfalto (%):	5.000
----------------	------	--------------	-------

Trabajabilidad

Características	Combinación de agregados	
Ag. Fino (%):	53.00	56.00
Ag. Grueso (%):	42.00	44.00
Asfalto (gln/m3):	25.45	25.45

*Juan M. Quiroga Quiroga*  
**JUAN M. QUIROGA QUIROGA**  
 LABORATORISTA  
 Dirección de Salud, Promoción y Recreación

*Luis A. Chavez Ordinola*  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS****INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS****DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA****PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023**SOLICITANTE :** Winnie Inette Villarueva valeriano, eve(y)n mamari coaya**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica - 15% de polvo de caucho**UBICACIÓN :** Moquegua - Ito - P. Inalambica**MUESTRA :** -**FECHA :** 15 de Junio de 2023**MATERIAL :** -**Km / Prog. :** -**PROF. :** -**MARGEN :** -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Combinación de agregados (%)	56.00	44.00	Peso específico RC-250 (g/cc)	0.990
2	Combinación de agregados corregida (%)	53.20	41.80	Asfalto (%)	5.000
3	Peso Especifico (g/cc)	2.710	2.007	Espesor (Carpeta asfáltica) (pulg)	2
4	Tamaño Máximo nominal	Nº6	1/2"		
5	Contenido de humedad (%)	0.619	0.17		
5	Poivo de caucho (%)		15.00%		

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)			CORRECCION POR HUMEDAD		
CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	Peso (kg)	CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m3)
Asfalto	0.005	124.306	Agregado Grueso (Humedo)	1.002	1041.636
Agregado Grueso (seco)	0.016	1039.868	Agregado Fino (Humedo)	1.006	1331.661
Agregado Fino (seco)	0.020	1323.469			
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>2487.723</b>			

**DISEÑO PARA 1.00 m3**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	1041.636
Agregado Fino	1331.661
polvo de caucho	355.995
Asfalto (25.45 Gln)	96.119
<b>Total</b>	<b>2525.410</b>

**DISEÑO PARA 1.00 m2**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	52.915
Agregado Fino	67.645
polvo de caucho	18.005
Asfalto (1.29 Gln)	4.803
<b>Total</b>	<b>143.531</b>

**Juan M. Queiro Quijpe**  
LABORANTE  
Médico de Salud, Pediatra y Neurol

**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971

**RESULTADOS****Combinación de Agregados**

Ag. Fino (%): 56.00 Ag. Grueso (%): 44.00

**Combinación de Agregados (Corregida)**

Ag. Fino (%): 53.00 Ag. Grueso (%): 42.00

**Cantidad de Asfalto (Gln/m3)**

Asfalto (gln): 25.45 Asfalto (%): 5.000

**Poivo de caucho**

muestra total = 15% ag. Fino y grueso

**Cantidad de Asfalto (Gln/m2)**

Asfalto (gln): 1.29 Asfalto (%): 5.000

**Trabajabilidad**

Características Combinación de agregados

Ag. Fino (%): 53.00 56.00

Ag. Grueso (%): 42.00 44.00

Asfalto (gln/m3): 25.45 25.45

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS****INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS****DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA****PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023**SOLICITANTE :** Winnie Inette Villarueva valeriano, eve(yn mamarí coaya**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica - 17.5% de polvo de caucho**UBICACIÓN :** Moquegua - Ito - P. Inalambica**MUESTRA :** -**FECHA :** 15 de Junio de 2023**MATERIAL :** -**Km / Prog. :** -**PROF. :** -**MARGEN :** -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Combinación de agregados (%)	56.00	44.00	Peso específico RC-250 (g/cc)	0.990
2	Combinación de agregados corregida (%)	53.20	41.80	Asfalto (%)	5.000
3	Peso Especifico (g/cc)	2.710	2.007	Espesor (Carpeta asfáltica) (pulg)	2
4	Tamaño Máximo nominal	Nº6	1/2"		
5	Contenido de humedad (%)	0.019	0.17		
5	Poivo de caucho (%)	17.50%			

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)			CORRECCION POR HUMEDAD		
CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	Peso (kg)	CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m3)
Asfalto	0.005	124.306	Agregado Grueso (Humedo)	1.002	1041.636
Agregado Grueso (seco)	0.016	1039.868	Agregado Fino (Humedo)	1.006	1331.661
Agregado Fino (seco)	0.020	1323.469			
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>2487.723</b>			

**DISEÑO PARA 1.00 m3**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	1041.636
Agregado Fino	1331.661
polvo de caucho	415.327
Asfalto (25.45 Gln)	96.119
<b>Total</b>	<b>2584.743</b>

**DISEÑO PARA 1.00 m2**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	52.915
Agregado Fino	67.648
polvo de caucho	21.099
Asfalto (1.29 Gln)	4.803
<b>Total</b>	<b>146.545</b>

  
**Juan M. Queiro Quijpe**  
LABORANTE  
Medicina de Salud, Pedagogía y Recursos

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971

**RESULTADOS****Combinación de Agregados**

Ag. Fino (%): 56.00 Ag. Grueso (%): 44.00

**Combinación de Agregados (Corregida)**

Ag. Fino (%): 53.00 Ag. Grueso (%): 42.00

**Cantidad de Asfalto (Gln/m3)**

Asfalto (gln): 25.45 Asfalto (%): 5.000

**Poivo de caucho**

muestra total = 17.5% ag. Fino y grueso

**Cantidad de Asfalto (Gln/m2)**

Asfalto (gln): 1.29 Asfalto (%): 5.000

**Trabajabilidad**

Características Combinación de agregados

Ag. Fino (%): 53.00 56.00

Ag. Grueso (%): 42.00 44.00

Asfalto (gln/m3): 25.45 25.45



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA**

**PROYECTO :** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023

**SOLICITANTE :** Winnie Inette Villarueva valeriano, eve(y)n mamari coaya

**ESTUDIO :** Diseño de mezcla asfáltica - 20% de polvo de caucho

**UBICACIÓN :** Moquegua - Ito - P. Inalambica

**MUESTRA :** -

**FECHA :** 15 de Junio de 2023

**MATERIAL :** -

**Km / Prog. :** -

**PROF. :** -

**MARGEN :** -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Combinación de agregados (%)	56.00	44.00	Peso específico RC-250 (g/cc)	0.990
2	Combinación de agregados corregida (%)	53.20	41.80	Asfalto (%)	5.000
3	Peso Especifico (g/cc)	2.710	2.007	Espesor (Carpeta asfáltica) (pulg)	2
4	Tamaño Máximo nominal	Nº6	1/2"		
5	Contenido de humedad (%)	0.019	0.17		
5	Poivo de caucho (%)	20.00%			

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)			CORRECCION POR HUMEDAD		
CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	Peso (kg)	CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m3)
Asfalto	0.005	124.306	Agregado Grueso (Humedo)	1.002	1041.636
Agregado Grueso (seco)	0.016	1039.868	Agregado Fino (Humedo)	1.006	1331.661
Agregado Fino (seco)	0.020	1323.469			
<b>Total</b>	<b>0.040</b>	<b>2487.723</b>			

**DISEÑO PARA 1.00 m3**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	1041.636
Agregado Fino	1331.661
polvo de caucho	474.659
Asfalto (25.45 Gln)	96.119
<b>Total</b>	<b>2944.075</b>

**DISEÑO PARA 1.00 m2**

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	52.915
Agregado Fino	67.645
polvo de caucho	24.113
Asfalto (1.29 Gln)	4.803
<b>Total</b>	<b>149.559</b>

  
**Juan M. Queiro Quijpe**  
 C.E.P. 10000  
 Mecánico de Suelos, Pavimentos y Recursos

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

**RESULTADOS**

Combinación de Agregados

Ag. Fino (%): 56.00      Ag. Grueso (%) 44.00

Combinación de Agregados (Corregida)

Ag. Fino (%): 53.00      Ag. Grueso (%) 42.00

Cantidad de Asfalto (Gln/m3)

Asfalto (gln): 25.45      Asfalto (%): 5.000

Poivo de caucho

muestra total = 20% ag. Fino y grueso

Cantidad de Asfalto (Gln/m2)

Asfalto (gln): 1.29      Asfalto (%): 5.000

Trabajabilidad

Características      Combinación de agregados

Ag. Fino (%): 53.00      56.00

Ag. Grueso (%): 42.00      44.00

Asfalto (gln/m3): 25.45      25.45



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winie linde vilanova valeriano, evilyn mamani coayla  
**ESTUDIO:** Calidad de asfalto  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ito - P. Inalámbrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - Patron  
**FECHA:** viernes, 23 de Junio de 2023

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD  
 AASHTO T 283

HORA DE ENSAYO	15:00:00			15:00:00				
	DATOS DE ENSAYOS							
GRUPO DE BRIQUETAS SATURADAS								
GRUPO DE BRIQUETAS SECAS								
NÚMERO DE BRIQUETAS								
N° DE GOLPES								
% DE CEMENTO ASFÁLTICO								
1	DIÁMETRO	cm	10.23	10.20	10.16	10.18	10.19	10.22
2	ESPESOR O ALTURA	cm	6.42	6.30	6.38	6.35	6.29	6.33
3	RESO BRIQUETA SECA AL AIRE	g	1,272.5	1,270.2	1,265.8	1,270.5	1,265.9	1,271.3
4	RESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE	g	1,275.9	1,273.1	1,269.1	1,273.9	1,269.1	1,274.9
5	RESO BRIQUETA EN EL AGUA	g	791.5	696.7	697.3	699.9	697.1	701.3
6	VOLUMEN (R)(S)	cm <sup>3</sup>	574.4	574.4	571.8	574.1	572	573.6
7	P.E.SOLA DE LA MUESTRA (3)(6)	g/cm <sup>3</sup>	2.215	2.211	2.214	2.213	2.213	2.216
8	RICE	g/cm <sup>3</sup>	2.405	2.405	2.405	2.405	2.405	2.405
9	VACIOS (100S-7)(8)	%	7.89	8.05	7.95	7.98	7.98	7.84
10	VOLUMEN DE VACIOS (7)(100)	cm <sup>3</sup>	45.29	45.25	45.48	45.83	45.64	44.89
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19.5 ° Hg, 5 MIN. AGUA DESTILADA A 60°C								
11	RESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE	g	1,303.6	1,302.6	1,296.3			
12	RESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	g	723.1	722.9	719.3			
13	VOLUMEN DE LA MUESTRA (11-12)	cm <sup>3</sup>	580.5	580.6	577			
14	VOLUMEN DE ABSORCIÓN (11-3)	cm <sup>3</sup>	31.1	32.4	30.5			
15	SATURACIÓN (100 <sup>14</sup> 16)	%	69.7	70.1	67.1			
16	INCHAMIENTO (100)(13-6)(6)	%	1.06	1.08	0.91			
CONDICIÓN DE SATURACIÓN: A -18°C POR 16 HR. LUEGO A 24 HR. A 60°C BAÑO MÁXIMA								
17	ESPESOR	cm	6.32	6.28	6.25			
18	SSD DE LA MUESTRA	g	1,291.5	1,293.4	1,286.3			
19	RESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	g	713.4	716.3	713.2			
20	VOLUMEN (18-19)	cm <sup>3</sup>	578.1	577.1	575.1			
21	VOLUMEN DEL AGUA DE ABSORCIÓN (18-3)	cm <sup>3</sup>	19.0	23.2	22.5			
22	SATURACIÓN (100 <sup>21</sup> 19)	%	41.9	50.2	49.5			
23	INCHAMIENTO (100)(20-6)(6)	%	0.94	0.47	0.55			
24	CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	Lac	153	149	155	189	194	199
25	CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	kg	394.4	359.7	388.6	443.0	493.9	494.5
26	RESISTENCIA SECA	kg/cm <sup>2</sup>	4.36	4.51	4.57			
27	RESISTENCIA HUMEDA	kg/cm <sup>2</sup>	3.59	3.54	3.70			
28	RESISTENCIA CONSERVADA (27)(6)(6)	%	82.3	78.4	80.8			
29	PROMEDIO (%)		80.5					

OBSERVACIONES:

*Juan M. Quispe Quiroga*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971

*Luis A. Chavez Ordóñez*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971





LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winie linde vilanova valeriano, evilyn mamani coayla  
**ESTUDIO:** Calidad de asfalto  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ito - P. Inalambica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 10% polvo de caucho  
**FECHA:** viernes, 23 de Junio de 2023

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD  
 AASHTO T 283

HORA DE ENSAYO	15:00:00			15:00:00		
	DATOS DE ENSAYOS					
NUMERO DE BRIQUETAS	GRUPO DE BRIQUETAS SATURADAS			GRUPO DE BRIQUETAS SECAS		
N° DE GOLPES	1	2	3	4	5	6
% DE CEMENTO ASFÁLTICO	75	75	75	75	75	75
1 DIAMETRO cm	5.0			5.0		
2 ESPESOR O ALTURA cm	10.38	10.29	10.26	10.38	10.25	10.21
3 PESO BRIQUETA SECA AL AIRE g	6.22	6.34	6.36	6.29	6.26	6.41
4 PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE g	1,262.5	1,264.7	1,263.4	1,260.3	1,264.8	1,263.7
5 PESO BRIQUETA EN EL AGUA g	1,265.3	1,267.5	1,266.1	1,264.7	1,267.1	1,266.3
6 VOLUMEN (4)-(5) cm <sup>3</sup>	695.8	695.4	696.9	696.2	694.3	695.8
7 P.E.SOLA DE LA MUESTRA (3)/(6) g/cm <sup>3</sup>	569.5	572.1	569.2	569.5	572.0	570.5
8 PICE g/cm <sup>3</sup>	2,217	2,211	2,220	2,217	2,208	2,215
9 VACIOS (1000-7)/(8) %	2,389	2,389	2,389	2,389	2,389	2,389
10 VOLUMEN DE VACIOS (9)/(100) cm <sup>3</sup>	7.21	7.47	7.09	7.30	7.57	7.26
11 PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE g	41.04	42.72	40.36	40.98	43.37	41.53
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19.5 ° Hg, 5 MIN. AGUA DESTILADA A 60°C						
12 PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA g	1,304.7	1,303.2	1,302.9			
13 VOLUMEN DE LA MUESTRA (11-12) cm <sup>3</sup>	719.8	717.7	718.4			
14 VOLUMEN DE ABSORCIÓN (11-3) cm <sup>3</sup>	594.9	595.5	594.1			
15 SATURACIÓN (100*(14)/6) %	42.2	38.5	39.1			
16 HINCHAMIENTO (100*(15-6)/6) %	102.8	99.1	98.9			
17 HINCHAMIENTO (100*(16-6)/6) %	2.70	2.34	2.62			
CONDICIÓN DE SATURACIÓN: A -18°C POR 16 HR. LUEGO A 24 HR. A 60°C BAÑO MÁXIMA						
17 ESPESOR cm	6.25	6.19	6.21			
18 SSD DE LA MUESTRA g	1,286.1	1,284.9	1,283.7			
19 PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA g	718.7	712.4	713.6			
20 VOLUMEN (18-19) cm <sup>3</sup>	575.4	572.5	570.1			
21 VOLUMEN DEL AGUA DE ABSORCIÓN (18-3) cm <sup>3</sup>	21.6	20.2	20.3			
22 SATURACIÓN (100*(21)/10) %	57.5	47.3	50.3			
23 HINCHAMIENTO (100*(22-6)/6) %	1.04	0.07	0.16			
24 CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA Lac	167	169	170	195	199	203
25 CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA kg	395.0	399.3	401.5	436.0	494.8	473.5
26 RESISTENCIA SECA kg/cm <sup>2</sup>	4.45	4.61	4.61			
27 RESISTENCIA HUMEDA kg/cm <sup>2</sup>	3.89	3.99	4.01			
28 RESISTENCIA CONSERVADA (210)/100 %	86.5	86.6	87.1			
29 PROMEDIO (%)	86.7					

OBSERVACIONES:

*Juan M. Quispe Quiroga*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971

*Luis A. Chavez Ordóñez*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winie linde vilanova valeriano, evilyn mamani coayla  
**ESTUDIO:** Calidad de asfalto  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ito - P. Inalámbrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 12.5% polvo de caucho  
**FECHA:** viernes, 23 de Junio de 2023

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD  
 AASHTO T 283

HORA DE ENSAYO	15:00:00			16:00:00		
	DATOS DE ENSAYOS					
NUMERO DE BRIQUETAS	GRUPO DE BRIQUETAS SATURADAS			GRUPO DE BRIQUETAS SECAS		
N° DE GOLPES	1	2	3	4	5	6
% DE CEMENTO ASFÁLTICO	75	75	75	75	75	75
	5.0			5.0		
1 DIAMETRO cm	10.36	10.27	10.25	10.34	10.21	10.4
2 ESPESOR O ALTURA cm	6.32	6.26	6.24	6.33	6.37	6.35
3 PESO BRIQUETA SECA AL AIRE g	1,253.7	1,256.4	1,258.2	1,266.2	1,263.3	1,264.8
4 PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE g	1,296.3	1,258.9	1,262.7	1,269.8	1,266.2	1,267.3
5 PESO BRIQUETA EN EL AGUA g	699.3	689.8	687.4	693.4	693.6	695.6
6 VOLUMEN (4)-(5) cm <sup>3</sup>	566	569.1	575.3	576.4	573.2	571.7
7 P.E.SOLA DE LA MUESTRA (3)/(6) g/cm <sup>3</sup>	2.215	2.208	2.187	2.187	2.204	2.212
8 RICE g/cm <sup>3</sup>	2.353	2.353	2.353	2.353	2.353	2.353
9 VACIOS (1005-7)(8) %	5.86	6.16	7.05	6.64	6.33	5.98
10 VOLUMEN DE VACIOS (7)(100) cm <sup>3</sup>	33.19	35.14	40.58	36.28	36.31	34.17
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19.5 ° Hg, 5 MIN. AGUA DESTILADA A 60°C						
11 PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE g	1,303.6	1,302.6	1,296.3			
12 PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA g	715.3	713.2	711.9			
13 VOLUMEN DE LA MUESTRA (11-12) cm <sup>3</sup>	589.3	589.4	594.4			
14 VOLUMEN DE ABSORCIÓN (11-3) cm <sup>3</sup>	49.9	46.2	38.1			
15 SATURACIÓN (100 <sup>3</sup> /(4)(13)) %	100.3	131.5	93.9			
16 HINCHAMIENTO (100)(13-14) %	3.83	3.57	1.58			
CONDICIÓN DE SATURACIÓN: A -18°C POR 16 HR. LUEGO A 24 HR. A 60°C BAÑO MÁXIMA						
17 ESPESOR cm	6.38	6.24	6.27			
18 SSD DE LA MUESTRA g	1,281.5	1,283.7	1,286.2			
19 PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA g	785.1	787.8	786.7			
20 VOLUMEN (18-19) cm <sup>3</sup>	576.4	575.9	573.5			
21 VOLUMEN DEL AGUA DE ABSORCIÓN (18-3) cm <sup>3</sup>	27.8	27.3	22.9			
22 SATURACIÓN (100 <sup>3</sup> /(2)(18)) %	83.6	77.7	54.2			
23 HINCHAMIENTO (100)(20-21) %	1.94	1.19	-0.31			
24 CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA Lac	199	196	197	215	218	220
25 CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA kg	464.6	462.6	460.4	499.7	506.2	510.6
26 RESISTENCIA SECA kg/cm <sup>2</sup>	4.86	4.96	4.92			
27 RESISTENCIA HUMEDA kg/cm <sup>2</sup>	4.48	4.60	4.56			
28 RESISTENCIA CONSERVADA (210)(19) %	92.1	92.7	92.7			
29 PROMEDIO (%)	92.5					

OBSERVACIONES:

*Juan M. Quispe Quiroga*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971

*Luis A. Chavez Ordóñez*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winie linde vilanova valeriano, evilyn mamani coayla  
**ESTUDIO:** Calidad de asfalto  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ito - P. Inalámbrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 15% polvo de caucho  
**FECHA:** sábado, 24 de Junio de 2023

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD  
 AASHTO T 283

HORA DE ENSAYO	15:00:00			15:00:00		
	GRUPO DE BRIQUETAS SATURADAS			GRUPO DE BRIQUETAS SECAS		
DATOS DE ENSAYOS						
NÚMERO DE BRIQUETAS	1	2	3	4	5	6
N° DE GOLPES	75	75	75	75	75	75
% DE CEMENTO ASFÁLTICO	5.0			5.0		
1 DIÁMETRO cm	10.41	10.29	10.35	10.46	10.28	10.34
2 ESPESOR O ALTURA cm	6.26	6.37	6.42	6.38	6.33	6.42
3 PESO BRIQUETA SECA AL AIRE g	1,248.6	1,245.6	1,244.1	1,251.3	1,250.9	1,253.4
4 PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE g	1,298.8	1,248.4	1,247.6	1,254.1	1,257.8	1,255.2
5 PESO BRIQUETA EN EL AGUA g	687.3	685.5	686.7	690.2	691.6	692.4
6 VOLUMEN (4)-(5) cm <sup>3</sup>	562.7	562.9	560.9	563.9	566.2	562.6
7 P.E.SOLA DE LA MUESTRA (3)/(6) g/cm <sup>3</sup>	2.219	2.213	2.216	2.219	2.209	2.227
8 PICE g/cm <sup>3</sup>	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305
9 VACIOS (1005-7)(8) %	3.73	3.96	3.77	3.73	4.15	3.38
10 VOLUMEN DE VACIOS (9)(100) cm <sup>3</sup>	21.01	22.42	21.16	21.04	23.51	19.82
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19.5 °Hg, 5 MIN. AGUA DESTILADA A 60°C						
11 PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE g	1,295.1	1,293.5	1,290.8			
12 PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA g	718.8	706.7	704.2			
13 VOLUMEN DE LA MUESTRA (11-12) cm <sup>3</sup>	594.3	596.6	596.4			
14 VOLUMEN DE ABSORCIÓN (11-3) cm <sup>3</sup>	46.5	47.7	46.5			
15 SATURACIÓN (100 <sup>2</sup> (4)/(6)) %	221.3	212.7	219.6			
16 HINCHAMIENTO (100)(3-4)/(6) %	3.84	4.25	4.55			
CONDICIÓN DE SATURACIÓN: A -18°C POR 16 HR. LUEGO A 24 HR. A 60°C BAÑO MÁXIMA						
17 ESPESOR cm	6.34	6.38	6.29			
18 SSD DE LA MUESTRA g	1,275.1	1,276.2	1,273.4			
19 PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA g	706.7	696.5	696.2			
20 VOLUMEN (18-19) cm <sup>3</sup>	574.4	571.7	574.2			
21 VOLUMEN DEL AGUA DE ABSORCIÓN (18-3) cm <sup>3</sup>	35.5	34.4	29.3			
22 SATURACIÓN (100 <sup>2</sup> (21)/(10)) %	126.1	108.8	130.5			
23 HINCHAMIENTO (100)(20-6)/(6) %	2.06	1.96	2.37			
24 CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA Lec	223	226	224	229	230	229
25 CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA kg	517.1	523.7	519.3	526.6	532.4	530.2
26 RESISTENCIA SECA kg/cm <sup>2</sup>	5.04	5.21	5.08			
27 RESISTENCIA HUMEDA kg/cm <sup>2</sup>	4.89	5.09	5.08			
28 RESISTENCIA CONSERVADA (210)(19) %	99.0	97.8	99.9			
29 PROMEDIO (%)	98.9					

OBSERVACIONES:

Juan M. Quiroz Quiroz  
 I(19)(118)(15)  
 Ingeniero Civil, Pavimentos y Asfalto

Luis A. Quiroz Quiroz  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winie linde vilanova valeriano, evilyn mamani coayla  
**ESTUDIO:** Calidad de asfalto  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ito - P. Inalámbrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 17.5% polvo de caucho  
**FECHA:** sábado, 24 de Junio de 2023

RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD  
 AASHTO T 283

HORA DE ENSAYO	15:00:00			16:00:00				
	DATOS DE ENSAYOS							
GRUPO DE BRIQUETAS SATURADAS								
GRUPO DE BRIQUETAS SECAS								
NÚMERO DE BRIQUETAS								
N° DE GOLPES								
% DE CEMENTO ASFÁLTICO								
1	DIÁMETRO	cm	10.37	10.29	10.35	10.15	10.24	10.27
2	ESPESOR O ALTURA	cm	6.24	6.32	6.27	6.40	6.22	6.34
3	PESO BRIQUETA SECA AL AIRE	g	1,242.6	1,246.3	1,238.1	1,235.3	1,234.2	1,232.7
4	PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE	g	1,246.8	1,245.7	1,242.5	1,238.9	1,239.4	1,236.5
5	PESO BRIQUETA EN EL AGUA	g	685.4	675.8	676.5	675.1	673.2	679.4
6	VOLUMEN (4)-(5)	cm <sup>3</sup>	566.4	566.9	566	563.8	566.2	566.1
7	P.E.SOLA DE LA MUESTRA (3)/(6)	g/cm <sup>3</sup>	2.194	2.188	2.187	2.191	2.186	1.423
8	PICE	g/cm <sup>3</sup>	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235	2.235
9	VACIOS (10)-(7)(8)	%	1.84	2.11	2.13	1.87	2.47	36.32
10	VOLUMEN DE VACIOS (9)(10)	cm <sup>3</sup>	10.43	11.96	12.04	11.09	13.99	314.56
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19.5 ° Hg, 5 MIN. AGUA DESTILADA A 60°C								
11	PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE	g	1,298.6	1,285.3	1,285.4			
12	PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	g	705.4	700.2	702.1			
13	VOLUMEN DE LA MUESTRA (11-12)	cm <sup>3</sup>	585.2	586.1	583.3			
14	VOLUMEN DE ABSORCIÓN (11-3)	cm <sup>3</sup>	48.0	48.0	47.3			
15	SATURACIÓN (10) <sup>2</sup> (14)	%	460.4	491.5	392.0			
16	HINCHAMIENTO (10)(13-6)(6)	%	3.32	3.74	3.06			
CONDICIÓN DE SATURACIÓN: A -18°C POR 16 HR. LUEGO A 24 HR. A 60°C BAÑO MÁXIMA								
17	ESPESOR	cm	6.25	6.23	6.21			
18	SSD DE LA MUESTRA	g	1,268.2	1,265.4	1,266.8			
19	PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	g	695.6	693.8	694.9			
20	VOLUMEN (18-19)	cm <sup>3</sup>	572.0	571.6	571.9			
21	VOLUMEN DEL AGUA DE ABSORCIÓN (18-3)	cm <sup>3</sup>	25.6	25.1	26.7			
22	SATURACIÓN (10) <sup>2</sup> (21)(10)	%	245.5	209.9	230.4			
23	HINCHAMIENTO (10)(20-6)(6)	%	1.09	0.83	1.04			
24	CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	Lac	222	221	219	230	233	231
25	CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	kg	515.0	512.9	506.4	532.4	530.0	524.6
26	RESISTENCIA SECA	kg/cm <sup>2</sup>	5.22	5.30	5.23			
27	RESISTENCIA HUMEDA	kg/cm <sup>2</sup>	5.09	5.09	5.04			
28	RESISTENCIA CONSERVADA (210)(19)	%	95.9	94.5	96.3			
29	PROMEDIO (%)		95.9					

OBSERVACIONES:

*Juan M. Quispe Quispe*  
 Ing. Civil  
 Ing. Civil  
 Ing. Civil

*Luis A. Chavez Ordóñez*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winie linde vilanova valeriano, evilyn mamani coayla  
**ESTUDIO:** Calidad de asfalto  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ito - P. Inalambra  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 20% polvo de caucho  
**FECHA:** sábado, 24 de Junio de 2023


RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD  
 AASHTO T 283

HORA DE ENSAYO		15:00:00			15:00:00			
DATOS DE ENSAYOS		GRUPO DE BRIQUETAS SATURADAS			GRUPO DE BRIQUETAS SECAS			
NÚMERO DE BRIQUETAS		1	2	3	4	5	6	
N° DE GOLPES		75	75	75	75	75	75	
% DE CEMENTO ASFÁLTICO		5.0			5.0			
1	DIÁMETRO	cm	10.36	10.28	10.34	10.32	10.21	10.38
2	ESPESOR O ALTURA	cm	6.33	6.26	6.34	6.30	6.37	6.30
3	PESO BRIQUETA SECA AL AIRE	g	1,238.2	1,238.9	1,238.4	1,235.6	1,236.8	1,232.9
4	PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE	g	1,232.5	1,231.8	1,229.7	1,238.9	1,233.4	1,236.7
5	PESO BRIQUETA EN EL AGUA	g	676.6	672.2	674.1	671.2	672.4	674.4
6	VOLUMEN (4)-(5)	cm <sup>3</sup>	561.9	559.6	555.6	567.7	561	562.3
7	P.E.SOLA DE LA MUESTRA (3)/(6)	g/cm <sup>3</sup>	2.196	2.196	2.207	2.177	2.194	2.193
8	PICE	g/cm <sup>3</sup>	2.193	2.193	2.193	2.193	2.193	2.193
9	VACIOS (1005-7)(8)	%	0.16	-0.14	-0.05	0.75	-0.04	0.02
10	VOLUMEN DE VACIOS (9)/(100)	cm <sup>3</sup>	0.82	-0.77	-3.63	4.27	-0.24	0.10
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19.5 ° Hg, 5 MIN. AGUA DESTILADA A 60°C								
11	PESO BRIQUETA SATURADA CON SUPERFICIE SE	g	1,288.1	1,282.2	1,280.8			
12	PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	g	698.6	695.7	695.3			
13	VOLUMEN DE LA MUESTRA (11-12)	cm <sup>3</sup>	596.3	596.5	594.7			
14	VOLUMEN DE ABSORCIÓN (11-3)	cm <sup>3</sup>	54.9	53.3	53.6			
15	SATURACIÓN (100 <sup>3</sup> /(14))	%	596.7	687.0	-1475.0			
16	INCHAMIENTO (100/(3-6)(6))	%	4.34	4.01	5.24			
CONDICIÓN DE SATURACIÓN: A -18°C POR 16 HR. LUEGO A 24 HR. A 60°C BAÑO MÁXIMA								
17	ESPESOR	cm	6.35	6.27	6.22			
18	SSD DE LA MUESTRA	g	1,258.6	1,248.6	1,251.4			
19	PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	g	698.6	695.7	695.3			
20	VOLUMEN (18-19)	cm <sup>3</sup>	563.2	559.9	563.1			
21	VOLUMEN DEL AGUA DE ABSORCIÓN (18-3)	cm <sup>3</sup>	21.6	19.7	25.0			
22	SATURACIÓN (100 <sup>3</sup> /(21)(10))	%	2236.9	-2545.0	-650.0			
23	INCHAMIENTO (100/(3-6)(6))	%	-0.30	-0.13	1.35			
24	CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	Lec	221	220	222	240	240	240
25	CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	kg	512.6	510.6	510.0	554.2	560.8	565.1
26	RESISTENCIA SECA	kg/cm <sup>2</sup>	5.35	5.40	5.50			
27	RESISTENCIA HUMEDA	kg/cm <sup>2</sup>	4.90	5.04	5.10			
28	RESISTENCIA CONSERVADA (210)/(19)	%	92.8	91.9	92.7			
29	PROMEDIO (%)		92.4					

OBSERVACIONES:

*Juan M. Quispe Quiroga*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971

*Luis A. Chavez Ordóñez*  
 Ingeniero Civil  
 C.P. 48971

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>

### ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta	
<b>ESTUDIO :</b> Calidad de asfalto	<b>MATERIAL :</b> Probeta de Asfalto
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ilo - P.Inalambrica	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> Muestra de asfalto - Patron	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 10 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -


Datos de diseño de Mezcla	
Tipo de Asfalto	RC-250
Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.00%

Características del Marshall		M-01	M-02	M-03
Probeta		patron	patron	patron
Número de golpes por capa	(N <sup>o</sup> )	75	75	75
Diámetro	mm	101.46	102.08	100.49
Espesor	mm	61.42	61.28	60.94
Cemento asfáltico	(%)	5.00	5.00	5.00
Estabilidad	KN	5.90	5.91	5.95
Factor de estabilidad		-	-	-
Estabilidad corregida	KN	5.90	5.91	5.95
Flujo 0.25 mm (0.01")		9.26	9.28	9.24
<b>Estabilidad promedio</b>	<b>KN</b>	<b>5.92</b>		
<b>Flujo promedio 0.25 mm (0.01")</b>		<b>9.26</b>		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
 LAJUNTA TORIISTA  
 Municipio de Salta, Potosí y Chuquisaca

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

\*\*Observacion: El factor de corrección de estabilidad fue considerada directamente en el equipo Marshall.

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>

### ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta	
<b>ESTUDIO :</b> Calidad de asfalto	<b>MATERIAL :</b> Probeta de Asfalto
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ilo - P. Inalambrika	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> Muestra de asfalto - 10% polvo de caucho	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 16 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -


Datos de diseño de Mezcla	
Tipo de Asfalto	RC-250
Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.00%

Características del Marshall		M-01	M-02	M-03
Probeta		10%	10%	10%
Número de golpes por capa	(N°)	75	75	75
Diámetro	mm	100.26	101.64	100.74
Espesor	mm	62.47	62.63	61.49
Cemento asfáltico	(%)	5.00	5.00	5.00
Estabilidad	KN	6.20	6.28	6.25
Factor de estabilidad		-	-	-
Estabilidad corregida	KN	6.20	6.28	6.25
Flujo 0.25 mm (0.01")		11.30	11.40	11.36
<b>Estabilidad promedio</b>	<b>KN</b>	<b>6.24</b>		
<b>Flujo promedio 0.25 mm (0.01")</b>		<b>11.35</b>		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
 LAJUNTA TORIISTA  
 Ministerio de Salud, Población y Desarrollo

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

\*\*Observación: El factor de corrección de estabilidad fue considerada directamente en el equipo Marshall.

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>

## ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta	
<b>ESTUDIO :</b> Calidad de asfalto	<b>MATERIAL :</b> Probeta de Asfalto
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ilo - P.Inalatambica	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> Muestra de asfalto - 12.5% polvo de caucho	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 17 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -

Datos de diseño de Mezcla	
Tipo de Asfalto	RC-250
Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.00%


Características del Marshall		M-01	M-02	M-03
Probeta		12.5%	12.5%	12.5%
Número de golpes por capa	(N <sup>o</sup> )	75	75	75
Diámetro	mm	102.31	101.45	101.84
Espesor	mm	63.25	62.06	62.44
Cemento asfáltico	(%)	5.00	5.00	5.00
Estabilidad	KN	6.58	6.67	6.70
Factor de estabilidad		-	-	-
Estabilidad corregida	KN	6.58	6.67	6.70
Flujo 0.25 mm (0.01")		11.48	11.50	11.55
<b>Estabilidad promedio</b>	<b>KN</b>	<b>6.65</b>		
<b>Flujo promedio 0.25 mm (0.01")</b>		<b>11.51</b>		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
 LAJUNTA TORIISTA  
 Ministerio de Salud, Población y Desarrollo

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

\*\*Observacion: El factor de corrección de estabilidad fue considerada directamente en el equipo Marshall.



	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>

### ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta	
<b>ESTUDIO :</b> Calidad de asfalto	<b>MATERIAL :</b> Probeta de Asfalto
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ilo - P.Inalámbrica	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> Muestra de asfalto - 17.5% polvo de caucho	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 19 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -


Datos de diseño de Mezcla	
Tipo de Asfalto	RC-250
Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.00%

Características del Marshall		M-01	M-02	M-03
Probeta		17.5%	17.5%	17.5%
Número de golpes por capa	(N°)	75	75	75
Diámetro	mm	100.56	101.24	102.17
Espesor	mm	60.28	61.19	61.06
Cemento asfáltico	(%)	5.00	5.00	5.00
Estabilidad	KN	7.25	7.10	7.15
Factor de estabilidad		-	-	-
Estabilidad corregida	KN	7.25	7.10	7.15
Flujo 0.25 mm (0.01")		11.86	11.90	11.85
<b>Estabilidad promedio</b>	<b>KN</b>	<b>7.17</b>		
<b>Flujo promedio 0.25 mm (0.01")</b>		<b>11.87</b>		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
 LA JORNADA  
 Oficina de Salud, Población y Recurso

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

\*\*Observación: El factor de corrección de estabilidad fue considerada directamente en el equipo Marshall.

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>

### ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta	
<b>ESTUDIO :</b> Calidad de asfalto	<b>MATERIAL :</b> Probeta de Asfalto
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ilo - P. Inalambrica	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> Muestra de asfalto - 15% polvo de caucho	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 17 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -


Datos de diseño de Mezcla	
Tipo de Asfalto	RC-250
Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.00%

Características del Marshall		M-01	M-02	M-03
Probeta		15.0%	15.0%	15.0%
Número de golpes por capa	(N <sup>o</sup> )	75	75	75
Diámetro	mm	101.76	101.12	102.33
Espesor	mm	62.31	62.78	61.39
Cemento asfáltico	(%)	5.00	5.00	5.00
Estabilidad	KN	6.86	6.80	6.82
Factor de estabilidad		-	-	-
Estabilidad corregida	KN	6.86	6.80	6.82
Flujo 0.25 mm (0.01")		11.68	11.74	11.72
<b>Estabilidad promedio</b>	<b>KN</b>	<b>6.83</b>		
<b>Flujo promedio 0.25 mm (0.01")</b>		<b>11.71</b>		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
 LAJUNTA TORIISTA  
 Ministerio de Salud, Población y Desarrollo

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

\*\*Observación: El factor de corrección de estabilidad fue considerada directamente en el equipo Marshall.

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>

### ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

<b>PROYECTO :</b> Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023	
<b>SOLICITANTE :</b> Winnie Inette villanueva valeriano, evelyn mamani coayta	
<b>ESTUDIO :</b> Calidad de asfalto	<b>MATERIAL :</b> Probeta de Asfalto
<b>UBICACIÓN :</b> Moquegua - Ilo - P.Inalatambica	<b>Km / Prog :</b> -
<b>MUESTRA :</b> Muestra de asfalto - 20% polvo de caucho	<b>PROF. :</b> -
<b>FECHA :</b> 19 de Junio de 2023	<b>MARGEN :</b> -

Datos de diseño de Mezcla	
Tipo de Asfalto	RC-250
Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico	5.00%

Características del Marshall		M-01	M-02	M-03
Probeta		20.0%	20.0%	20.0%
Número de golpes por capa	(N <sup>o</sup> )	75	75	75
Diámetro	mm	101.23	102.15	101.32
Espesor	mm	62.62	63.18	62.67
Cemento asfáltico	(%)	5.00	5.00	5.00
Estabilidad	KN	7.31	7.28	7.25
Factor de estabilidad		-	-	-
Estabilidad corregida	KN	7.31	7.28	7.25
Flujo 0.25 mm (0.01")		12.05	12.13	12.08
<b>Estabilidad promedio</b>	<b>KN</b>	<b>7.28</b>		
<b>Flujo promedio 0.25 mm (0.01")</b>		<b>12.09</b>		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
 LAJUNTA TORIISTA  
 Ministerio de Salud, Población y Desarrollo

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 46971

\*\*Observación: El factor de corrección de estabilidad fue considerada directamente en el equipo Marshall.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS  
NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508**

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winnie linette villanueva valeriano, evelyn mamani coayla  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ilo - P.inalambrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - Patron , 10%  
**FECHA:** martes, 20 de Junio de 2023

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
Tipo de Mezcla	Patron	Patron	Patron	10%	10%	10%
Porcentaje de Asfalto	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1- Peso del Frasco	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0
2- Peso del Frasco + Agua	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0
3- Diferencia del Pesos	9145.6	9146.4	9145.2	9142.1	9140.4	9144.3
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua	10363.0	10364.0	10363.0	10360.0	10356.0	10362.0
5- Peso Neto de la Muestra	1217.4	1217.6	1217.8	1217.9	1217.6	1217.7
6- Agua Desplazada	506.4	505.6	506.8	509.9	511.6	507.7
7- Peso específico de la probeta	2.330	2.332	2.330	2.315	2.300	2.313
8- Promedio peso específico de la probeta	2.331			2.309		
9- % de vacíos	3.052	3.221	3.007	3.315	2.969	3.716
<b>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra</b>	2.404	2.406	2.403	2.369	2.360	2.396
<b>Promedio</b>	2.405			2.369		
<b>% De vacíos</b>	3.093			3.334		

  
**Juan M. Quiroga Quiroga**  
LABORATORISTA  
Ministerio de Salud, Pedagogía y Recreación

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS  
NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508**

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winnie linette villanueva valeriano, evelyn mamani coayla  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ilo - P.inalambrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 12.5%, 15%  
**FECHA:** miércoles, 21 de Junio de 2023

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
Tipo de Mezcla	12.50%	12.50%	12.50%	15%	15%	15%
Porcentaje de Asfalto	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1- Peso del Frasco	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0
2- Peso del Frasco + Agua	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0
3- Diferencia del Pesos	9137.9	9132.4	9133.5	9126.5	9124.1	9123.2
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua	10355.0	10350.0	10351.0	10342.0	10340.0	10339.0
5- Peso Neto de la Muestra	1217.1	1217.6	1217.5	1215.5	1215.9	1215.8
6- Agua Desplazada	514.1	519.6	516.5	525.5	527.9	526.6
7- Peso específico de la probeta	2.267	2.269	2.270	2.219	2.217	2.216
8- Promedio peso específico de la probeta	2.269			2.216		
9- % de vacíos	4.172	3.167	3.364	4.109	3.702	3.530
<b>Peso Específico Teórico Máximo de la Muestra</b>	2.367	2.343	2.348	2.313	2.303	2.299
<b>Promedio</b>	2.353			2.305		
<b>% De vacíos</b>	3.563			3.761		

  
**Juan M. Quispe Quirope**  
LABORATORISTA  
Medicina de Suelo, Pavimentos y Bases

  
**LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA**  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 46971



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS  
NORMA ASTM D-2041 AASHTO T-209 MTC E-508**

**PROYECTO:** Influencia porcentual de adición de polvo de caucho reciclado en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas - 2023  
**SOLICITANTE:** Winnie linette villanueva valeriano, evelyn mamani coayla  
**UBICACIÓN:** Moquegua - Ilo - P.inalambrica  
**MUESTRA:** Muestra de asfalto - 17.5% , 20%  
**FECHA:** jueves, 22 de Junio de 2023

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
Tipo de Mezcla	17.50%	17.50%	17.50%	20%	20%	20%
Porcentaje de Asfalto	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1- Peso del Frasco	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0	5990.0
2- Peso del Frasco + Agua	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0	9652.0
3- Diferencia del Pesos	9107.2	9102.9	9105.7	9100.9	9092.6	9097.2
4- Peso del Frasco + Muestra + Agua	10325.0	10320.0	10323.0	10316.0	10310.0	10315.0
5- Peso Neto de la Muestra	1217.8	1217.1	1217.3	1217.1	1217.4	1217.8
6- Agua Desplazada	544.8	549.1	546.3	551.1	559.4	554.8
7- Peso específico de la probeta	2.138	2.137	2.136	2.095	2.095	2.100
8- Promedio peso específico de la probeta	2.137			2.098		
9- % de vacíos	4.398	3.588	4.096	5.018	3.611	4.435
<b>Peso Especifico Teórico Máximo de la Muestra</b>	2.235	2.217	2.228	2.208	2.176	2.195
<b>Promedio</b>	2.227			2.193		
<b>% De vacíos</b>	4.029			4.358		

  
Juan Méndez Quirope  
LABORATORISTA  
Instituto de Suelos, Pavimentos y Asfalto

  
LUIS A. CHAVEZ ORDINOLA  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 48971

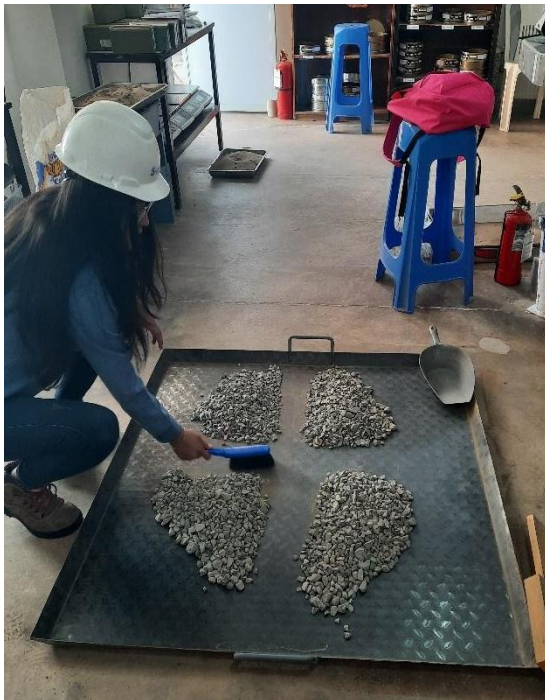
## PANEL DE FOTOS



Obtención de Materiales



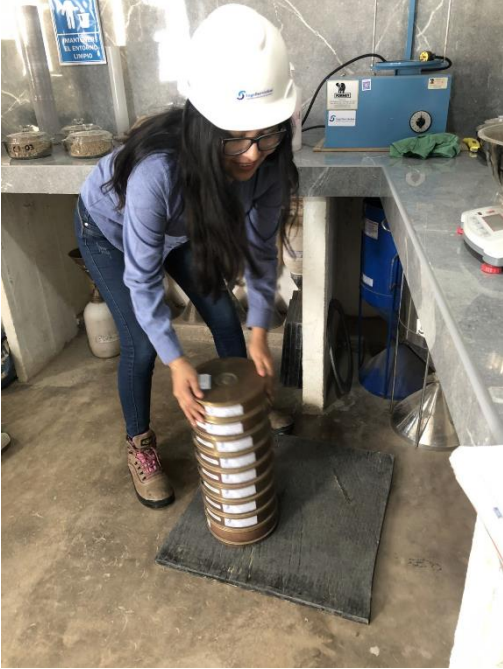
Cuarteo Agregado Fino



Cuarteo Agregado Grueso



Ensayo Granulométrico Fino



Ensayo Granulométrico Grueso



Peso Especifico

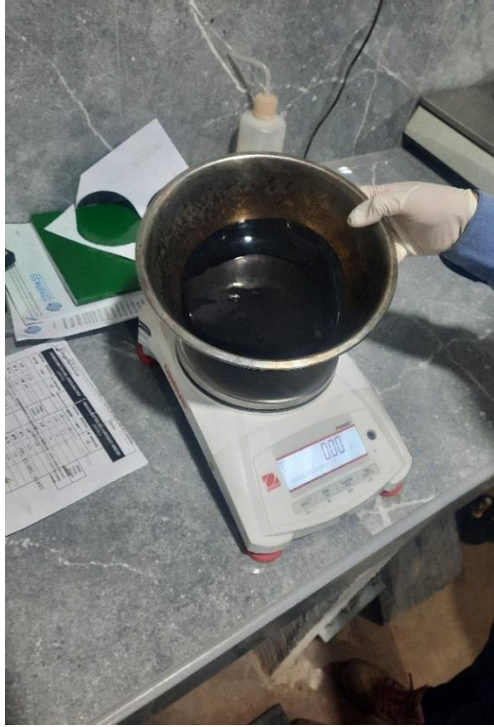


Secado de muestra en horno



Gravedad Especifica





Pesado de Ligante Asfáltico



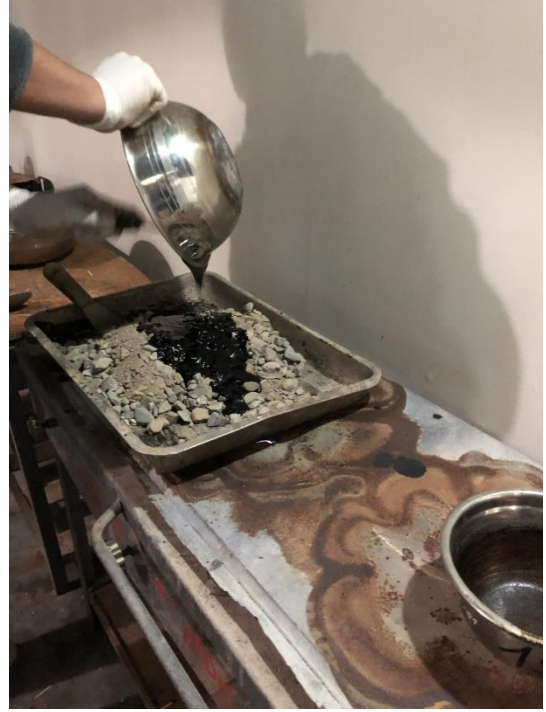
Pesado de PCR



Componentes para Mezcla Asfáltica



Integración de Agregados



Incorporación de Ligante



Adición de PCR



Molde para Probetas



Compactación de Muestra



Probetas de Asfalto



Probetas de Asfalto



Probeta para Ensayo Marshall



**Medicion de Probeta**



**Prensa Marshall**



**Ensayo Lottman**



**Probeta con aplicación de carga**



**Observación de colocación de probeta**



**Observación de Aplicación de carga**