



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades  
mecánicas del pavimento flexible, 2023**

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

**AUTOR:**

Moncayo Ylma, Cesar Augusto (orcid.org/0000-0001-5686-4834)

**ASESOR:**

Mg. 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

CHICLAYO – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo principalmente a mis padres y hermana, quienes en todo momento me brindaron su apoyo incondicional, a las personas que estuvieron a mi lado incentivándome para poder alcanzar mis objetivos.

Ahora puedo decir que valió la pena, gracias.

Moncayo Ylma, César Augusto.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a Dios por darme sabiduría y resiliencia, a las personas antes mencionadas y a los que de alguna manera aportaron para poder culminar la presente investigación, muy agradecido



**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 - CHICLAYO, asesor de Tesis Completa titulada: "Influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023", cuyo autor es MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, 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.

CHICLAYO, 21 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ASCOY FLORES KEVIN ARTURO DNI: 46781063 ORCID: 0000-0003-2452-4805	Firmado electrónicamente por: KASCOY el 21-12- 2023 20:18:14

Código documento Trilce: TRI - 0705200



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO : 45360383 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5686-4834	Firmado electrónicamente por: CEMONCAYOYL el 17- 01-2024 17:04:30

Código documento Trilce: INV - 1428127



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización .....	16
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
V. DISCUSIÓN.....	33
VI. CONCLUSIONES .....	37
VII. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de ensayo y tipo de muestra a emplear.....	18
Tabla 2. Resumen de Resultados Estabilidad y Flujo .....	22
Tabla 3. Porcentaje de diseño para mezcla asfáltica Patrón.....	22
Tabla 4. Resultados de Estabilidad para mezcla asfáltica patrón. ....	23
Tabla 5. Porcentaje de diseño para mezcla con 5% de escoria metalúrgica. ....	23
Tabla 6. Resultados de estabilidad para mezcla con 5% de escoria metalúrgica.	24
Tabla 7. Porcentaje de diseño para mezcla con 8% de escoria metalúrgica. ....	24
Tabla 8. Resultados de estabilidad para mezcla con 8% de escoria metalúrgica.	25
Tabla 9. Porcentaje de diseño para mezcla con 12% de escoria metalúrgica. ....	25
Tabla 10. Resultados de estabilidad para mezcla con 12% de escoria metalúrgica. .....	26
Tabla 11. Porcentaje de diseño para mezcla con 15% de escoria metalúrgica....	26
Tabla 12. Resultados de estabilidad para mezcla con 15% de escoria metalúrgica. .....	27
Tabla 13. Resultados de Flujo para mezcla asfáltica patrón. ....	28
Tabla 14. Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 5% de escoria metalúrgica. .....	29
Tabla 15. Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 8% de escoria metalúrgica. .....	30
Tabla 16. Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 12% de escoria metalúrgica.....	31
Tabla 17. Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 15% de escoria metalúrgica.....	32
Tabla 18. Ensayo de Absorción Para Arena .....	79
Tabla 19. Ensayo de Absorción Para Piedra.....	79
Tabla 20. Equivalente de Arena .....	79
Tabla 21. Límites de consistencia de Agregado pasante malla N° 200.....	80
Tabla 22. Índice de Plasticidad.....	80
Tabla 23. Contenido de Sales Solubles. ....	81
Tabla 24. Ensayo de Resistencia a la Abrasión de Piedra 3/4".....	81
Tabla 25. Peso Volumétrico por metro cúbico Suelto de Arena. ....	82

Tabla 26. Peso Volumétrico por metro cúbico Compactado de Arena.....	82
Tabla 27. Peso Volumétrico por metro cúbico Suelto de Piedra 3/4".....	82
Tabla 28. Peso Volumétrico por metro cúbico Compactado de Piedra 3/4".....	82



## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Esquema de investigación cuasi experimental.....	15
Figura 2. Límite líquido.....	80

## RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de determinar la influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023. El diseño metodológico estuvo dado por un nivel explicativo, del tipo básica, enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental; la población estuvo dada por 60 briquetas, realizadas con el método Marshall. Para la mezcla patrón se obtuvo su óptimo contenido asfáltico a 5.5% C.A. dando un promedio de estabilidad 1121.7 kg y flujo 3.0 cm. Al incorporar 5.0% de escoria metalúrgica se obtuvo la mejor estabilidad y flujo con su óptimo contenido asfáltico a 5.5% dando un promedio de estabilidad 1361.7 kg y flujo 3.20 cm. Para 8.0% de escoria metalúrgica se obtuvo la mejor estabilidad y flujo con su óptimo contenido asfáltico a 5.5% dando un promedio de estabilidad 1485.3 kg y flujo 3.20 cm. Para 12.0% de escoria metalúrgica se obtuvo la mejor estabilidad y flujo con su óptimo contenido asfáltico a 5.5% dando un promedio de estabilidad 1540.3 kg y flujo 3.50 cm. Por último, se incorporó 15.0% de escoria metalúrgica obteniendo la mejor estabilidad y flujo con su óptimo contenido asfáltico a 6.0% dando un promedio de estabilidad 1314.0 kg y flujo 3.23 cm. En conclusión, se logró mejorar las propiedades mecánicas del pavimento, siendo el óptimo de estabilidad es 4.5 C. A + 12% escoria metalúrgica dando una estabilidad de 1540.3 kg el mejor porcentaje óptimo de flujo es el de la mezcla patrón, siendo el menor flujo de todos los diseños, dando un flujo de 2.73 cm. Realizando la relación estabilidad/flujo se obtuvo el mejor porcentaje óptimo es 6.0% C.A. + 8.0% escoria metalúrgica, dando una relación de 4641.7 kg/cm, con respecto a la muestra patrón su mejor porcentaje óptimo fue 5.50% C.A., dando 3738.9 kg/cm; aumentando 902.8 kg/cm con respeto a la mezcla patrón.

**Palabras clave:** Escoria Metalúrgica, Método Marshall, Estabilidad, Flujo.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of metallurgical slag on the mechanical properties of flexible pavement, 2023. The methodological design was given by an explanatory level, of the basic type, quantitative approach and quasi-experimental design; The population consisted of 60 briquettes, made with the Marshall method. For the standard mix, its optimal asphalt content was obtained at 5.5% C.A. giving an average stability of 1121.7 kg and flow of 3.0 cm. By incorporating 5.0% metallurgical slag, the best stability and flow was obtained with its optimal asphalt content at 5.5%, giving an average stability of 1361.7 kg and flow of 3.20 cm. For 8.0% metallurgical slag, the best stability and flow was obtained with its optimal asphalt content at 5.5%, giving an average stability of 1485.3 kg and flow of 3.20 cm. For 12.0% metallurgical slag, the best stability and flow was obtained with its optimal asphalt content at 5.5%, giving an average stability of 1540.3 kg and flow of 3.50 cm. Finally, 15.0% metallurgical slag was incorporated, obtaining the best stability and flow with its optimal asphalt content at 6.0%, giving an average stability of 1314.0 kg and flow of 3.23 cm. In conclusion, it was possible to improve the mechanical properties of the pavement, with the optimal stability being 4.5 C. At + 12% metallurgical slag giving a stability of 1540.3 kg, the best optimal flow percentage is that of the master mixture, with the lowest flow being of all designs, giving a flow of 2.73 cm. By carrying out the stability/flow relationship, the best optimal percentage was obtained, which is 6.0% C.A. + 8.0% metallurgical slag, giving a ratio of 4641.7 kg/cm, with respect to the standard sample its best optimal percentage was 5.50% C.A., giving 3738.9 kg/cm; increasing 902.8 kg/cm with respect to the standard mixture.

**Keywords:** Metallurgical slag, Marshall Method, Stability, Flow

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, según Yan et al. (2021) una de las infraestructuras más importantes del transporte público es el pavimento quien tiene un papel muy importante en las actividades donde su condición es de gran impacto para los usuarios. Por esto Xu et al. (2020) indica que la inversión económica en este sector es significativa ya que impacta positivamente en las condiciones del tránsito y confort de los peatones y conductores. Así mismo, Smaida et al. (2019) indican que las inspecciones para mantenimiento y reconstrucción deben ser evaluadas correctamente ya que el presupuesto es limitado, pudiendo causar deterioros y problemas en el pavimento de forma prematura e inesperada por una mala gestión, siendo necesario tener en buenas condiciones y/o mejorar el pavimento para que cumpla con su función. Además, Mirnezami et al. (2023) indican que estas evaluaciones son de importancia para el mantenimiento y reparación del asfalto. Por otro lado, Hernandez et al. (2021) menciona que la explotación de agregados para la construcción del pavimento, debido a que se utilizan recursos no renovables y esto no se torna sostenible en el tiempo, generando además una acumulación de residuos sólidos y una inadecuada disposición final de éstos. Para Nouman et al. (2022) para la producción de la mezcla asfáltica es necesaria la explotación a gran escala de diversos agregados naturales afectando directamente a la preservación y conservación del ambiente; sin embargo, si se emplean materiales reciclados se reduce el impacto presentando una amplia capacidad de utilización en cuanto a la obtención de mezclas con estos materiales. Piemonti et al. (2021) indican que el desecho de materiales ha venido creciendo desde mediados del siglo XX; generando problemas ecológicos, económicos y ambientales. Según Devulapalli et al. (2022), debido a la falta de dirección para el correcto tratamiento de los residuos, se empieza a generar problemas ambientales significativos, estando incluso entre ellos el plástico, acetato de etil vinilo, cloruro de polivinilo, polietileno, entre otros, pudiendo reutilizarse en mezclas de asfalto en caliente. Meshram et al. (2023) indica que esto es a causa de la rápida industrialización y urbanización, siendo el reciclaje de estos desechos el medio más eficiente ambientalmente con el planeta.

Ante esta problemática, Zhao et al. (2023) en Beijing sobre la mezcla asfáltica en caliente incorporaron residuos de acero, teniendo como fin emplear un nuevo

diseño de pavimento con materiales reciclados, obteniendo que la mezcla tiene un rendimiento mayor, aumentando la resistencia al deslizamiento y anti filtración, reduciendo incluso hasta un 56.7% el costo del agregado y aumentando 6.2% el costo del asfalto. Del mismo modo Yao et al. (2022) vio la misma necesidad y empezó a emplear el uso de plástico y pavimento asfáltico reciclado propiamente dicho como un método de pavimentación sostenible en el tiempo y amigable con el medio ambiente, ya que en ciudades como Hong Kong cuentan con pocos recursos minerales. Según You et al. (2022), cada vez los recursos naturales se ven afectados por su explotación, lo cual representa un verdadero reto en la industria de construcción específicamente en la manufactura de pavimentos asfálticos, tanto para la construcción como para su mantenimiento. Además, Gan et al. (2022) manifiesta que la motivación por la adición de escoria en mezclas asfálticas ha aumentado al descubrirse que esta escoria mantiene propiedades mecánicas muy buenas. A nivel nacional, Córdova y Cruz (2020) detectaron que las vías se ven afectadas por las cargas y clima de la ciudad, viéndose en la necesidad de buscar un método para mejorar sus condiciones. Castro et al. (2020) propuso realizarlo con la implementación y adición de recursos renovables: Cáscara y fibra de coco, mejorando las condiciones de la mezcla asfáltica. Puesto que como indica Gibbons et al. (2019) que, al mejorar el transporte se mejora también la accesibilidad a ella beneficiando a la población. Ante estos hechos, se pretende mejorar el pavimento flexible empleando escoria metalúrgica para incentivar la reutilización de material altamente contaminantes para el planeta, reduciendo la basura industrial que se genera, asimismo es importante mencionar que la escoria metalúrgica, cuando se utiliza como agregado en mezclas asfálticas podrá mejorar la resistencia del pavimento, dado que la escoria metalúrgica presenta características beneficiosas contribuyendo a la mejora del rendimiento y vida útil del pavimento; de igual forma su uso beneficiará a nivel económico y ambiental, contribuyendo al tema de reutilización y reciclaje de subproductos industriales para la práctica sostenible con el medio ambiente; de tal forma que con la implementación de este material como aditivo mejoraría significativamente la calidad, resistencia y funcionalidad del pavimento flexible empleando porcentajes de inclusión de escoria metalúrgica en 5%, 8%, 12% y 15%.

De tal modo es que se formula el problema general de: ¿De qué manera influye la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023?

A su vez, esta investigación por justificación teórica aborda un vacío sustancial en el conocimiento actual sobre pavimentos flexibles en base a la influencia específica de las escorias metalúrgicas en sus propiedades mecánicas, dado que, al generalizar los resultados, no solo llegará a avanzarse en la comprensión de este fenómeno particular, sino que también contribuirá a principios más amplios que impactan en el diseño y la construcción de pavimentos, donde los conocimientos adquiridos en base a esta investigación serán fundamentales, ya que optimizarán aspectos hasta ahora conocidos, produciendo un enriquecimiento del panorama teórico de la ingeniería de pavimentos. Del mismo modo, a modo de justificación práctica logra reflejarse en la capacidad para resolver problemas reales al construir y preservar los pavimentos flexibles, en base al entendimiento de cómo la escoria metalúrgica afecta la estabilidad y el flujo de estos pavimentos, se posibilitará el desarrollo de procedimientos y tecnologías que contribuyan de forma sustancial a mejorar el bienestar de las personas al garantizar infraestructuras viales más duraderas y eficientes, lo trascendente de este enfoque no solo impactará en el ámbito de la investigación, sino también en la solución concreta de desafíos prácticos relacionados a pavimentos. En el ámbito social se justifica al querer aportar a la comunidad con este proyecto sin fines de lucro, solo con la intención de mejorar el confort y seguridad de desplazarse libremente en la vía. Y, metodológica debido a que se introducen nuevas técnicas específicas en base a la aplicación e influencia de la escoria metalúrgica en pavimentos flexibles; la definición precisa de variables y la mejora en la experimentación con estas variables son elementos esenciales a razón de ahondar en el entendimiento de la vinculación entre la escoria metalúrgica y las propiedades mecánicas del pavimento flexible, generando una respuesta al problema general y se instauran bases para futuras investigaciones y desarrollos metodológicos en el ámbito de la ingeniería.

Siendo necesario plantear el objetivo general de: “Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023” y para desarrollar este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en la estabilidad del pavimento

flexible, 2023, II) Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, 2023.

De esto modo se plantea la hipótesis general “La adición de escoria metalúrgica influye de manera óptima en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023”. Así mismo las hipótesis específicas que dan solución a los problemas son:  
I) La adición de escoria metalúrgica influye de manera óptima en el incremento de la estabilidad del pavimento flexible, 2023. II) La adición de escoria metalúrgica influye de manera óptima en el incremento del flujo del pavimento flexible, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Según las investigaciones previas utilizadas como antecedentes para esta investigación se toma en el plano internacional a:

Guerra y Peña (2021), en su tesis realizada en la ciudad de Tunja, tuvieron por finalidad evaluar cómo impacta la incorporación de escoria negra de horno sobre el desempeño mecánico de las mezclas asfálticas tipo MDC-19, la muestra estuvo conformada por los especímenes empleados al diseñar la mezcla estándar y la mezcla modificada, así mismo como instrumentos, herramientas y equipos de laboratorio que emplearon para el desarrollo de la investigación. Obtuvieron como resultados que el diseño de mezcla de 75% de escoria metalúrgica y 4.0% de asfalto logró una densidad de  $2.45 \text{ g/cm}^3$ , estabilidad de 16.09KN, flujo de 3.79mm y una relación de 4.24KN/mm, mientras que para 75% de escoria metalúrgica con 4.5% de asfalto, una densidad de  $2.46 \text{ g/cm}^3$ , una estabilidad de 13.44KN, un flujo de 3.81mm y una relación de 3.5.KN/mm y el diseño con 75% de escoria metalúrgica con 5.0% de asfalto, una densidad de  $2.48 \text{ g/cm}^3$ , una estabilidad de 14.28KN, un flujo de 4.30mm y una relación de 3.32KN/mm. De esta manera llegaron a la conclusión de que a mayor adición de escoria menor es la estabilidad alcanzada, sin embargo, el flujo sí aumenta a mayor adición porcentual de escoria.

Gómez (2019), en su tesis realizada en la ciudad de Tunja, tuvo por finalidad evaluar de qué manera influye la sustitución fraccionada o total respecto al agregado grueso por escoria de acero en la mezcla asfáltica. La muestra de su estudio estuvo comprendida por 9 briquetas, así mismo para el diseño empleó como instrumentos las guías de observación del laboratorio en el cual realizó sus respectivos ensayos. Obteniendo como resultados que para la mezcla compuesta por arena, filler, AC60/70 y grava se obtuvo un porcentaje de vacíos de 5.3%, Pb por Ramcodes de 5.1% y Gmb de  $2.4 \text{ G/cm}^3$ , así mismo para la mezcla conformada por filler, arena, AC60/70, 50% escoria y 50% de agregado se evidenció que el porcentaje de vacíos alcanzó un 4.6%, por el método de Ramcodes de 4.3% y Gmb de  $2.59 \text{ G/cm}^3$  y para la mezcla conformada por AC60/70, filler, arena y el 100% de restos de material de acero, el porcentaje de vacío en la mezcla alcanzó el 4.3%, medido con el método de Ramcodes de 4.0% y Gmb de  $2.766 \text{ G/cm}^3$ .



Morcote (2021), en su tesis realizada en la ciudad de Tunja, tuvo por finalidad adicionar escoria de acero a temperaturas de 25°C, 40°C y 60°C en el diseño de mezcla asfáltica, su muestra estuvo conformada por 6 briquetas y empleó como instrumentos las fichas de observación de laboratorio. De esta manera obtuvo como resultados que para el 0% de adición de escoria se logró un ahuellamiento a los 25°C de 1.43 mm, a 40°C se tuvo 1.76mm de ahuellamiento y para 60°C se tuvo 2.69 mm de ahuellamiento, mientras que para el 100% de adición de escoria se logró un ahuellamiento a los 25°C de 0.64mm, a 40°C se tuvo 1.61mm, y para 60°C se tuvo 2.28mm de ahuellamiento. Por lo que concluyó que, a mayor incorporación de escoria de acero, menor es el ahuellamiento obtenido en el diseño de mezcla asfáltica.

Higuera y Morales (2021), en su tesis realizada en la ciudad de Tunja, tuvieron por finalidad evaluar cómo se comporta mecánicamente la mezcla asfáltica en caliente con rap y escoria de hornos de arcos eléctricos. Para el desarrollo de su investigación tuvieron por muestra a las briquetas del diseño de mezcla y emplearon como instrumentos guías de observación. Obtuvieron por resultados que para el cambio del 30% de material con escoria de acero, se logró una relación de estabilidad/flujo fue de 4.38KN/mm. Por lo que concluyeron en que la sustitución permite tener un adecuado diseño de mezcla.

En el plano nacional se tiene como antecedente investigativo a los investigadores:

Arias y López (2021), durante la realización de su tesis en la ciudad de Lima, realizaron la incorporación de residuos de material siderúrgico en las mezclas asfálticas en caliente a utilizar en pavimentos flexibles. Para 3% de escoria siderúrgica, se logró por estabilidad igual a 14.72 KN, por flujo igual a 3.5mm, respecto al porcentaje de vacíos fue igual a 6.74%, para 6% de escoria siderúrgica, la estabilidad de mezcla lograda fue de 16.23 KN, por flujo igual a 3.58mm, respecto al porcentaje de vacíos igual a 6.48%, para 9% de escoria siderúrgica, la estabilidad de mezcla lograda fue de 16.65 KN, por flujo igual a 3.92 mm, respecto al porcentaje de vacíos fue igual a 5.93%, para 12% de escoria siderúrgica, la estabilidad de mezcla lograda fue de 16.76KN un flujo de 4.5mm y un porcentaje de vacíos de

5.87%. De esta manera concluyeron en que, a mayor porcentaje de incorporación de escoria siderúrgica, mayor es la estabilidad y flujo alcanzado.

Díaz (2022), en su tesis realizada en la ciudad de Ica, tuvo por finalidad adicionar escoria siderúrgica a razón de alcanzar mejoras sobre las propiedades de la carpeta asfáltica y de esta manera poder rehabilitar las calles del distrito La Tinguiña, su muestra estuvo conformada por 12 briquetas, tomando en cuenta los 4 diseños de mezcla con la adición de escoria (0%,3%,6% y 9%). Alcanzó por resultados que con adiciones del 0% de restos de material siderúrgico, el porcentaje de vacíos alcanzado fue de 4.20%, por estabilidad igual a 1560.70Kg, por flujo igual a 3.80mm, para 3% de restos de material siderúrgico, el porcentaje de vacíos alcanzado fue de 4.20%, una estabilidad de 2042.60 kg, un flujo de 3.70mm, para 6% de restos de material siderúrgico, el porcentaje de vacíos alcanzado fue de 4.10%, por estabilidad igual a 1684.60 kg, por flujo igual a 3.60mm y para 9% de restos de material siderúrgico, el porcentaje de vacíos alcanzado fue de 3.90%, por estabilidad igual a 1694.20 kg, por flujo igual a 3.20mm. Concluyendo que el porcentaje óptimo fue de 3%.

Luis y Silva (2022), durante la realización de su tesis en la ciudad de Trujillo tuvieron por finalidad evaluar la repercusión de la incorporación de escoria de acero sobre las propiedades mecánicas y físicas de las mezclas de asfalto en caliente, con una muestra conformada por 44 briquetas de las cuales 28 fueron mezclas asfálticas convencionales y 16 tuvieron la inclusión de este tipo de escoria por medio de diferentes porcentajes. Así mismo para el desarrollo de su tesis emplearon como instrumentos fichas de laboratorio, obteniendo como resultados que para la incorporación del 15% de escoria de acero, se logró un porcentaje de vacíos de 4.68%, una densidad de 2.263 gr/cm<sup>3</sup>, una estabilidad de 6.52KN, un flujo de 14.56mm. Para la mezcla con 20% de escorias de acero, se logró el porcentaje de vacíos de 4.20%, una densidad de 2.275gr/cm<sup>3</sup>, una estabilidad de 8.23K, un flujo de 13.06 mm, con el 50% de escoria de acero, se logró un porcentaje de vacíos de 3.50%, una densidad de 2.291gr/cm<sup>3</sup>, por estabilidad equivalente a 10.32KN, un flujo equivalente a 11.05 mm y con 75% de escoria de acero, se logró un porcentaje de vacíos de 3.12%, una densidad de 2.301gr/cm<sup>3</sup>, una estabilidad de 12.66KN, y respecto al flujo se obtuvo 9.78mm. Concluyendo que adicionar escorias de acero

otorga mejores beneficios para la mezcla asfáltica, debido a la notable mejora en la estabilidad de la mezcla.

Carpio y Mosqueira (2020), en su tesis realizada en la ciudad de Lima, tuvieron por finalidad evaluar de qué manera repercute la utilización de material reciclado en mezclas asfálticas. Respecto al desarrollo de su investigación trabajó con una muestra probabilística estratificada, así mismo como instrumentos emplearon los insumos y protocolos del ensayo de Marshall. Como resultados obtuvieron que para la mezcla con adición del 15% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1004 kg, un porcentaje de vacíos de 3.00%, un flujo de 2.32mm, con 20% se logró una estabilidad equivalente a 1602.52 kg un porcentaje de vacíos de 3.90%, un flujo de 3.12mm, con el 25% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1441.00 kg un porcentaje de vacíos de 3.67%, un flujo de 3.17mm, con un 30%, de material reciclado, se logró una estabilidad de 1898.36 kg un porcentaje de vacíos de 3.36%, un flujo de 3.90mm, con el 40% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1792.43 kg, un porcentaje de vacíos de 3.156%, un flujo de 3.80mm y con 50% logró una estabilidad equivalente a 1310 kg, un porcentaje de vacíos de 4.15%, un flujo de 3.225mm.

Para conocer el concepto de los términos a utilizar en el estudio, la investigación se alinea a algunas terminologías basadas en normativas y bases teóricas citando a los autores de estos conceptos como al pavimento flexible que según Mohamed et al. (2022) la define como la composición de capas que se ubica sobre el terreno que va a soportar toda la carga vehicular o peatonal en un periodo de tiempo definido como “período de diseño”, pudiendo ser veredas, ciclovías, pasajes peatonales y pistas compuesta por una superficie de asfalto, sea en caliente, en frío, mortero, entre otros. Ésta se puede apoyar en una subbase o base granular. Por otro lado, se tiene a Peng et al. (2020) que lo definen como aquel tipo de pavimento que está compuesto en su superficie por un material bituminoso, apoyado sobre capas de material granular con cualidades flexibles, permitiendo soportar las cargas y distribuyéndolas al terreno. También Deng et al. (2021) señalan que la característica diferencial de los pavimentos flexibles es que está conformada por capas superpuestas de material árido impermeabilizado por una capa asfáltica.

Así mismo, Nabipour et al. (2019) indica que este tipo de pavimento tiende a exponerse a deterioros estructurales y funcionales afectando directamente a la seguridad, estética y confort de la transitabilidad; sin embargo, económicamente este tipo de pavimento es más asequible pudiendo tener un periodo de diseño entre 10 a 15 años en función a la proyección de la demanda vehicular esperada.

De igual forma para las propiedades bituminosas, donde la ASTM (2022) la considera como un material que contiene betún como tejidos bituminosos, hormigón bituminoso, pavimento bituminoso. Y el concreto asfáltico definido por Chen et al. (2020) como la mezcla entre áridos de calidad y el cemento asfáltico como material ligante; los cuales son compactados de manera uniforme. Arab et al. (2020) consideran que es una capa que está compuesta por agregados que contienen en sus propiedades asfalto conocida también como “Base negra”. Qiao et al. (2020) indican que es uno de los componentes aplicados al construir pavimentos flexibles, asimismo se mezcla con agregados pétreos que tienen de fin realizar las mezclas para la misma aplicación, por consistencia es viscosa de color negro que se mezcla con los agregados pétreos.

En relación a la variable dependiente, las propiedades mecánicas, para Zhao et al. (2021) se refiere a las características del material utilizado en la construcción de carreteras o pavimentos flexibles, que afectan su comportamiento y desempeño bajo cargas y condiciones de tráfico, estas propiedades son evaluadas mediante pruebas de laboratorio. Huang et al. (2023) menciona que se destaca la necesidad de considerar estas propiedades en el diseño y construcción de pavimentos flexibles y la importancia de la investigación continua en este campo. De igual manera Li et al. (2021) mencionan que las propiedades mecánicas tienden a repercutir sobre el comportamiento y desempeño de los pavimentos flexibles. Se destaca la importancia de comprender estas propiedades para el diseño y construcción adecuados de carreteras y pavimentos flexibles.

Los indicadores que se identificaran en el parámetro de propiedades mecánicas es el control del desgaste superficial que Yan et al. (2021) indican que este desgaste por lo general es a causa de agentes abrasivos al asfalto y el tránsito vehicular, de tal forma que el ligante y concreto asfáltico se desgaste; pero para tener un mejor control se debe dosificar eficientemente la mezcla, ya que la principal causa de este

desgaste es mala adherencia de los agregados. A su vez Xu et al. (2020) señalan que esta propiedad de los pavimentos puede ocurrir debido al volumen de tráfico, las características climáticas y otros factores ambientales. A medida que la superficie del pavimento se desgasta con el tiempo, su macrotextura puede cambiar, lo que puede afectar al rendimiento. Asimismo, Mikhailenko et al. (2021) destacan que esta propiedad contribuye a identificar las áreas que requieren mantenimiento o reparación en las vías, cabe mencionar que esta propiedad es cuantificable a través de diversas técnicas, identificando patrones, mediante inspecciones visuales, ensayos entre otros.

Como atributo mecánico, la estabilidad se refiere a la capacidad de un material o estructura para mantener su forma y resistir la deformación o falla bajo condiciones ambientales o de carga variables. Cuantifica la resistencia de un objeto a los cambios o perturbaciones que pueden influir en su estructura estructural. Varios elementos influyen en la estabilidad mecánica. En primer lugar, la resistencia estructural es fundamental. Un material o construcción con alta resistencia será más estable porque puede soportar cargas sin deformarse o colapsar (Zhou et al., 2023).

La estabilidad mecánica también está influenciada por la rigidez. Un material rígido o una construcción pueden resistir la deformación elástica, lo que aumenta su estabilidad. Cuanto menos se deforma una carga o una cosa, más estable es. La estabilidad mecánica también se ve afectada por la distribución de la carga. Una carga distribuida uniformemente a través de la estructura reduce las áreas de tensión concentrada y aumenta la estabilidad. La distribución desigual de la carga puede producir una tensión excesiva en lugares específicos, poniendo en peligro la estabilidad (Liu et al., 2023).

La estabilidad mecánica está muy influenciada por el diseño estructural. Para garantizar que la estructura sea robusta y estable, un diseño bien calculado tendrá en cuenta las fuerzas utilizadas, los materiales utilizados y las condiciones ambientales. Un mal diseño puede poner en peligro la estabilidad y aumentar la probabilidad de falla. Las condiciones ambientales también deben ser deseables. Las condiciones térmicas, la humedad y la existencia de productos químicos corrosivos pueden tener un impacto en la estabilidad mecánica de un material. Bajo

circunstancias climáticas particulares, algunos materiales pueden volverse menos o más propensos a la deformación, lo que debe abordarse en el diseño y la selección estable de materiales (Meshram et al., 2023).

El flujo está relacionado con la plasticidad de los materiales, es decir, su capacidad para cambiar de forma permanentemente sin fracturarse cuando se someten a esfuerzos. Los materiales que exhiben un flujo significativo se consideran plásticos, mientras que aquellos que tienen una resistencia considerable al flujo se consideran más rígidos. La capacidad de un material para fluir depende de varios factores, incluyendo su microestructura, temperatura, tasa de deformación y tiempo de aplicación de la fuerza. Algunos materiales, como los metales dúctiles, tienen una mayor tendencia al flujo y pueden deformarse significativamente bajo cargas aplicadas, mientras que otros materiales, como los cerámicos frágiles, tienen una menor capacidad de flujo y tienden a fracturarse antes de deformarse plásticamente (Sadat et al., 2023).

Respecto a la variable independiente, la escoria metalúrgica es el material que se piensa emplear como aditivo para mejorar las propiedades del pavimento, donde la ASTM International (2022) indica que son silicatos de calcio y ferritas mezclados con hierros o calcios que se generan en hornos eléctricos, de hogar o básicos de oxígeno. Por otro lado, para Xu et al. (2021) es el subproducto o residuo de la fundición de mineral o chatarra y de la producción de metales en general, esto además se forma cuando el mineral o la chatarra se funden a altas temperaturas, se separan las impurezas y se solidifica el metal fundido. También Mirnezami et al. (2023) mencionan que este residuo posee cualidades físico-mecánicas mucho mejor que las piedras naturales, pudiendo ser capaz de reemplazar en su totalidad a los agregados convencionales; sin embargo, se debe tener en consideración las propiedades al querer emplear para la elaboración de asfalto, ya que si no se conoce las propiedades puede influir negativamente a la calidad y resistencia del asfalto.

Dentro de las dimensiones se encuentra el porcentaje de adición, el cual según Hernández et al. (2021) el porcentaje de escoria metalúrgica es la cantidad o porcentaje que se añade a la mezcla asfáltica durante la producción de asfalto, esta variación porcentual se ajusta de acuerdo al tipo de escoria utilizada sobre las

propiedades deseadas para la mezcla, o las especificaciones del proyecto en guía de la normativa para el diseño de mezcla. Para Xie et al. (2021) la cantidad porcentual de adición de escoria metalúrgica que debe añadirse a una mezcla asfáltica puede variar en función a las especificaciones de diseño, además de la disponibilidad y características de la escoria metalúrgica que se utilice, por lo tanto, para determinar la cantidad de escoria metalúrgica que debe añadirse a una mezcla asfáltica es preferible la realización de pruebas de laboratorio a fin garantizar que la calidad del pavimento sea la correcta. Además, Zhao et al. (2021) mencionan que para conocer el porcentaje de adición más óptimo, antes de ello se requiere efectuar la valoración de la calidad la escoria que se va a emplear, dado que al conocer el porcentaje más óptimo se obtendrán mejoras en las propiedades mecánicas del pavimento, reducir los costes de producción y utilizar subproductos industriales en lugar de reciclarlos.

Del mismo modo es importante mencionar que se debe realizar los ensayos granulométricos de los materiales que conformarán el diseño según las mezclas, considerando que la ASTM International (2022) indica que la abertura cuadrada presente en los tamices para el estudio granulométrico, se basa en función a los diámetros de la abertura indicando si el material que pasa o queda retenido es grueso o fino, sirviendo para efectuar finalmente la clasificación de suelos.

Por segunda dimensión se tiene al diseño de mezcla donde Gedik (2021) mencionan que los tres componentes principales de una mezcla asfáltica son los agregados pétreos, el polvo mineral y el ligante asfáltico, donde estos componentes se combinan en proporciones específicas para producir una mezcla asfáltica con la resistencia, durabilidad y propiedades mecánicas requeridas bajo carga de trabajo y temperatura. Para Nouman et al. (2022) se debe realizar interacciones de valores de ensayo y laboratorio para definir una correcta mezcla bituminosa, de tal forma que la mezcla proporcione un asfalto que cumpla con las características de la normativa y pudiendo ser empleado para cumplir un período de diseño satisfactoriamente. En tal sentido Huang et al. (2023) señalan que el diseño de la mezcla incluye la gradación de los áridos, el tipo y contenido de ligante y el empleo de algún aditivo a razón de alcanzar mejoras sobre las propiedades de la misma. es por ello que los componentes que pueden ser naturales, reciclados o una

combinación de ambos; además un ligante, puede ser una emulsión o asfalto troceado que se mezcla con los áridos para proporcionar cohesión y resistencia; y aditivos, que a veces se utilizan a fin de alcanzar mejoras sobre las propiedades de las mezclas, por medio de la trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia. Considerando obtener el diseño de mezcla adecuado se pone en consideración los siguientes indicadores:

Los agregados pétreos, para Babalghaith et al. (2020) son materiales granulares que se utilizan como agregados en las mezclas asfálticas, donde estos mismos se presentan en diferentes tipos, tamaños y formas y se seleccionan cuidadosamente a razón de satisfacer las exigencias de resistencia, en la misma línea, los agregados proporcionan la estructura y la capacidad de carga suficientes, estos pueden incluir piedra triturada, arena, grava y otros materiales pétreos. Según Devulapalli et al. (2022) es el principal componente de estas mezclas empleadas para construir pavimentos de asfalto, este tipo de agregados tienden a ser granulares los cuales se mezclan con un ligante asfáltico a fin de realizar la formación de una mezcla asfáltica que sirve como capa de rodadura de carreteras y pavimentos, de igual forma estas logran clasificarse en relación a su tamaño y características. De igual forma para Babalghaith et al. (2020) los agregados pétreos confieren a la mezcla asfáltica la resistencia estructural y mecánica necesaria para soportar el tráfico y proporcionar una superficie de pavimentación adecuada, siendo importante la selección de los agregados adecuados a fin de garantizar la calidad y durabilidad del pavimento, de igual forma estos pueden alcanzar mejoras sobre las propiedades y el rendimiento de dichas mezclas, como adherencia y la resistencia.

El polvo mineral, según Tiwari (2022) están presentes en las mezclas asfálticas, se caracterizan por ser de partículas minerales finas que llegan a emplearse como componentes de los pavimentos asfálticos, de igual forma, también es conocido filler, se añade a dichas mezclas con la meta de mejorar las propiedades y el rendimiento de la mezcla asfáltica. Para Tarbay et al. (2019) este componente logra actuar como uno de los agentes cohesivos que ayudan en la unión del agregado pétreo y el ligante asfáltico presentes en las mezclas, optimizando la cohesión de los mismos, y evitando la segregación de cada uno de los materiales. De igual forma



Fayissa et al. (2022) dan a conocer que este componente brinda ayuda en la mejora de la textura y acabado superficial de las mezclas asfálticas, brindándoles superficies de rodadura más suaves y uniformes, de igual forma se emplea para el control del contenido de ligante asfáltico sobre dicha mezcla, impidiendo un excesivo uso de ligante que pueda producir dificultades en el tema de durabilidad y resistencia.

Por otro lado, se tiene al ligante asfáltico, donde Sun et al. (2019) indica que este componente se utiliza como agente aglutinante para combinar los agregados pétreos de la mezcla asfáltica en una masa compacta y cohesiva a fin de proporcionar la resistencia necesaria para el soporte de cargas del tráfico, el tipo de ligante asfáltico que llegue a emplearse en la mezcla dependerá de los requisitos del proyecto. Para Ge et al. (2019) este componente tiene la capacidad de brindar a las mezclas asfálticas la capacidad de deformarse bajo cargas de tráfico y posterior a ello recuperar su forma original, permitiendo que los pavimentos asfálticos sean flexibles y duraderos, dado que su uso logra contribuir en la mejora de la resistencia a la fluencia y a la fatiga de la mezcla asfáltica. Además, Li et al. (2021) indican que hacer uso de este componente, logra permitir que las mezclas asfálticas sean manejables durante la construcción y compactación de los pavimentos, facilitando su colocación y compactación adecuada a fin de alcanzar superficies de rodadura uniformes y resistentes.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Arias y Covinos (2021) indican que la investigación es básica de laboratorio al centrarse en adquirir conocimientos sin esencialmente buscar una aplicación práctica inmediata, buscando el entendimiento de los principios y mecanismos detrás de los fenómenos observados; que para el caso de estudio es ampliar el conocimiento teórico y comprender fenómenos en base a la influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, determinando cómo la escoria metalúrgica incide en la estabilidad y flujo del pavimento flexible.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

Arias (2020) sostiene que una investigación cuasi experimental incluye un grupo de control, permitiendo medir y aplicar instrumentos en más de tres ocasiones al igual que facilitar la manipulación graduada de la variable independiente respecto a diferentes momentos para la búsqueda de óptimos resultados. De este modo, para este caso de estudio se manipula la variable “escoria metalúrgica” sobre la “propiedades mecánicas del pavimento flexible” para generar efecto en las propiedades mecánicas en base a la comparativa con la mezcla patrón, siendo una investigación experimental cuasi experimental.

G <sub>1</sub> :	M	X	O
G <sub>2</sub> :	M	X <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>
G <sub>3</sub> :	M	X <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
G <sub>4</sub> :	M	X <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
G <sub>5</sub> :	M	X <sub>4</sub>	O <sub>4</sub>

*Figura 1. Esquema de investigación cuasi experimental*

Nota. Elaboración propia.

**Donde:**

- **G<sub>1</sub>**: Grupo Control
- **G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>, G<sub>5</sub>**: Grupos experimentales

- **M:** Muestra asfáltica base.
- **X:** Agregado convencional para la mezcla asfáltica.
- **X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>:** Agregado con adición porcentual de escoria metalúrgica.
- **O, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>:** Resultados de estabilidad y flujo.

### 3.2. Variables y operacionalización

#### Variable dependiente: Propiedades mecánicas del pavimento flexible

- **Definición conceptual:** Huang et al. (2023) indican que son las características mecánicas que posee el pavimento flexible en base al soporte de cargas y resistencia a deformaciones, esto respecto a la estabilidad y funcionalidad del pavimento a lo largo de los años.
- **Definición operacional:** Las propiedades mecánicas del pavimento flexible respecto a su estabilidad y flujo se midieron al ser aspectos críticos que logran influir directamente en la durabilidad, seguridad y rendimiento general del pavimento flexible, esto en base al método Marshall.
- **Dimensiones:** Logró identificarse por dimensiones, D1: propiedades mecánicas.
- **Indicadores:** Se tuvo por indicadores, IN 1: estabilidad y flujo.
- **Escala de medición:** De razón.

#### Variable independiente: Escoria metalúrgica

- **Definición conceptual:** Xu et al. (2021) indica que son subproductos del resultado de los procesos metalúrgicos, especialmente al momento de fundir y refinar metales, de igual forma, logran generarse cuando los minerales metálicos logran someterse a altas temperaturas a fin de generar la extracción de los metales deseados.
- **Definición operacional:** La escoria metalúrgica se adicionó en porcentajes iguales a 5%, 8%, 12% y 15% a la mezcla asfáltica considerando el diseño de mezcla en base a las cantidades de ligante asfáltico, polvo mineral y agregados pétreos. Su adición se basó al ser un subproducto que se desecha, además de presentar características beneficiosas para el pavimento flexible.

- **Dimensiones:** Logró identificarse por dimensiones, D2: porcentaje de adición, D3: Diseño de mezcla.
- **Indicadores:** Se tuvo por indicadores, IN 2: 0%,5%, 8%, 12%, 15%, IN 3: % Agregados pétreos, % Polvo mineral y % Ligante asfáltico.
- **Escala de medición:** De razón.

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

#### 3.3.1. Población:

Arias (2020) sostiene que la población abarca ser un grupo de individuos que tienen características similares, pudiendo ser finita o infinita; en virtud de que, para el caso en estudio, estuvo conformada por 60 briquetas que coinciden con el mismo fin de ser ensayadas en base a estabilidad y flujo bajo el método Marshall para evidenciar la influencia de la adición de escoria metalúrgica. De las cuales se emplearán 12 briquetas con los debidos porcentajes de escoria metalúrgica.

- **Criterios de inclusión:** Los criterios de inclusión considerados sobre el desarrollo de la presente tesis, son solo los que se evaluarán las propiedades de estabilidad y flujo, debido a que esta tesis tiene como fin principal evaluar la influencia de la escoria metalúrgica sobre la durabilidad y capacidad de soporte al que puede ser sometido el pavimento.
- **Criterios de exclusión:** No se considera a las propiedades que no se encuentran mencionadas en la presente tesis, ya que no son motivo de evaluación.

#### 3.3.2. Muestra:

Arias (2020) sostiene que la muestra abarca ser el subgrupo de individuos de la población que tienen características similares, pudiendo ser finita o infinita; siendo así que, para el presente caso en estudio, la muestra fue parte de la población censal, al ser la muestra toda la población ( $N=m$ ), estando conformada por 60 briquetas para los ensayos de estabilidad y flujo. Se emplearán 12 briquetas con las diversas cantidades porcentuales de adición de escoria metalúrgica

**Tabla 1.**

Tipo de ensayo y tipo de muestra a emplear

<b>Muestra</b>	<b>Estabilidad y flujo</b>
Mezcla asfáltica convencional + 0% escoria metalúrgica	12
Mezcla asfáltica convencional + 5% escoria metalúrgica	12
Mezcla asfáltica convencional + 8% escoria metalúrgica	12
Mezcla asfáltica convencional + 12% escoria metalúrgica	12
Mezcla asfáltica convencional + 15% escoria metalúrgica	12
<b>Total</b>	<b>60</b>

Nota. Elaboración propia.

**3.3.3. Muestreo:** Para el estudio se empleó el muestreo no probabilístico en juicio del autor del estudio.

**3.3.4. Unidad de análisis:** Para la presente investigación fue una briqueta que se ensayó en laboratorio determinando sus propiedades, efectos y causas sin la inclusión de la escoria metalúrgica e igualmente con la adición de ésta.

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

La recolección de datos incluyó identificar claramente las fuentes primarias y secundarias de datos pertinentes para el estudio; la realización de una búsqueda exhaustiva a fin de ubicar las fuentes de datos, asegurando su relevancia y confiabilidad; el empleo de métodos de recolección de datos precisos, ajustados a la naturaleza de la investigación y garantizando la obtención de información relevante; los datos recopilados llegaron a someterse a un análisis detenido, permitiendo respuestas claras al problema de investigación planteado; además cada elemento esencial fue cuidadosamente definido, haciendo inclusión de las variables a medir, las definiciones operacionales y la determinación de la muestra representativa.

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

Hernández y Mendoza (2018) indican que hay diversos métodos para recolectar información en función a la investigación que puede ser cuantitativa o cualitativa, siendo para cuantitativa el empleo de método de observación donde se visualiza y anota las variaciones y repercusiones que pueda tener el objeto a examinarse, del mismo modo el análisis documental donde el encargado de la investigación hace empleo de documentos diversos acordes al estudio a razón de efectuar el análisis de la información, ser contrastada y verificada. Siendo así, se utilizaron los métodos de observación para el registro de datos obtenidos en el ensayo Marshall respecto a la estabilidad y flujo de las briquetas sin realizar una intervención directa a la muestra en estudio; por otro lado el análisis documental sirvió para la toma de consideración de la norma ASTM bajo su debido cumplimiento en la realización de los ensayos, la indagación en páginas de gran impacto para la búsqueda de artículos referenciales al tema y manuales que se relacionan a ello.

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

Para Arias (2020) el instrumento de ficha de observación sirve para reconocer las características del objeto o sujeto que se estará evaluando, al igual que su comportamiento y funcionamiento, pudiendo cambiar su nombre en función al área de estudio como ficha de cotejo, registro de observación, entre otros. Por otro lado, Arias (2020) también menciona que para las guías de análisis documental generalmente llegan a ser empleados al valorar y evaluar los documentos de estudio, la normativa y la documentación en función a lo que el autor haya delimitado en sus indicadores. Por lo que para recoger dicha información se empleó fichas de observación de laboratorio dado que son documentos utilizados para consignar y exponer las observaciones recogidas en el análisis de los materiales en el sitio de experimentación, asimismo estos instrumentos normalmente incluyen información exhaustiva sobre los elementos examinados, los procesos que llegan a emplearse, los hallazgos conseguidos y cualquier otra anotación pertinente.

### **Validez**

Con el propósito de dotar de credibilidad a la investigación, se implementó el programa Excel como herramienta central, de igual forma se utilizaron fichas de

registro diseñadas específicamente como instrumentos para documentar y registrar los resultados derivados de los distintos análisis efectuados dentro del contacto de la investigación. Estos instrumentos de registro fueron rigurosamente diseñados y ejecutados de acuerdo con las normativas establecidas por la ASTM, garantizando así la calidad y la autenticidad de los datos recopilados, respaldando la transparencia y la veracidad de cada paso del proceso de investigación.

No es necesaria la validez del instrumento mediante juicio de expertos, debido a que es una ficha de observación, mas no de aplicación.

### **Confiabilidad**

El desarrollo integral de este estudio fue llevado a cabo por medio de rigurosos ensayos realizados en laboratorios certificados, empleando equipos de última generación, meticulosamente calibrados, garantizando no solo la precisión de las mediciones, sino también la seguridad y confianza en la emisión de los resultados obtenidos. La certificación de los laboratorios abarca el compromiso con los estándares de calidad, asegurando que cada fase del proceso experimental cumpliera con normativas y protocolos establecidos, elevando la credibilidad global del proyecto al proporcionar una base sólida para la interpretación y aplicación de los hallazgos obtenidos.

### **3.5. Procedimientos**

Para el desarrollo de la investigación, después de haber identificado la población y delimitado la muestra, se procedió a la identificación de las propiedades de los agregados tales como absorción (ASTM-C-128), equivalente de arena (ASTM-D-2419), límites de Atterberg (NTP 339-129), para la elaboración de la mezcla asfáltica, del mismo modo se identificaron las propiedades de la escoria metalúrgica, esto para realizar dicha mezcla y conocer el efecto que se origina, en lo que respecta a los resultados alcanzados se definió cuál es la dosificación adecuada para precisar los cambios en las propiedades mecánicas con esa proporción, los beneficios y mejora que se obtiene al adicionar escoria metalúrgica. Como primer punto se realizó el estudio de los agregados por medio del tamizado del mismo, segundo se llevó a cabo el desgaste del agregado grueso mediante la abrasión de los ángeles (AASHTO-T-96), tercero se prepararon las briquetas en

concordancia con los puntos instaurados por las normas o especificaciones aplicables, incluyendo la compactación de los materiales en un molde de forma y tamaño estándar, seguido de un proceso de curado para asegurar que las briquetas alcancen la humedad y densidad adecuadas.

Posterior a ello se midieron las dimensiones y peso de las briquetas, registrando el espesor, ancho y longitud de cada briketa, así como su peso para tener referencia de sus características físicas.

Se registraron los resultados obtenidos de las pruebas de estabilidad y flujo según el ensayo de Marshall (ASTM D 1559), y se analizaron conforme a los criterios establecidos en las normas o especificaciones aplicables, además se realizó la comparativa de resultados con puntos límite o criterios de aceptación a fin de evaluar si estas briquetas cumplen los requerimientos sobre estabilidad y flujo a fin de ser empleados para pavimentos flexibles.

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

Para analizar los datos obtenidos, se empleó el método explicativo, esto debido a que se evaluaron las distintas proporciones de adición de escoria metalúrgica a la mezcla asfáltica, de tal manera que se pueda identificar el efecto y las mejoras presentes sobre las propiedades mecánicas de la mezcla. Por otro lado, los resultados estuvieron basados en la norma de Perú en vigencia para considerarse en el laboratorio dónde se realizaron cada ensayo.

### **3.7. Aspectos éticos**

Esta investigación cumple con los lineamientos de ética de la universidad, desarrollándose con responsabilidad sin cometer el delito de plagio o copia, logrando respetar la contribución de cada autor mencionado en este estudio. Así mismo, los datos que se obtendrán en laboratorio llegarán a ser datos reales validados en base a un especialista para que pueda emplearse esta información no sólo como un antecedente investigativo, sino como una guía para la elaboración de un expediente técnico.



#### IV. RESULTADOS

Para los resultados del objetivo general, que fue: Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023. Se realizó lo siguiente:

**Tabla 2.**

Resumen de Resultados Estabilidad y Flujo

MEZCLA	ESTABILIDAD	FLUJO	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (Índice de Rigidez)
	kg	cm	kg/cm
DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN	1121.70	3.00	3738.90
DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE ESCORIA METALÚRGICA	1361.70	3.20	4255.20
DISEÑO DE MEZCLA CON 8% DE ESCORIA METALÚRGICA	1485.30	3.20	4641.70
DISEÑO DE MEZCLA CON 12% DE ESCORIA METALÚRGICA	1540.30	3.50	4401.00
DISEÑO DE MEZCLA CON 15% DE ESCORIA METALÚRGICA	1314.30	3.23	4064.90

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica patrón, donde el óptimo promedio en relación estabilidad/flujo es 3738.90 kg/cm y en lo que respecta a las 48 briquetas para muestras con escoria metalúrgica el más óptimo promedio con incorporación de escoria metalúrgica es 4641.70 kg/cm, aumentando 902.80 kg/cm en lo que respecta a la mezcla patrón.

Para los resultados del primer objetivo específico, que fue: Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en estabilidad del pavimento flexible, 2023. Se realizó lo siguiente:

#### Diseño de Mezcla Patrón:

**Tabla 3.**

Porcentaje de diseño para mezcla asfáltica Patrón.

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarandeada	60.0%

<b>Arena Chancada</b>	0.0%
<b>Filler</b>	0.0%
<b>∑ Suma</b>	100.0%
<b>C.A. (PEN)</b>	<b>60-70</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 4.**

Resultados de Estabilidad para mezcla asfáltica patrón.

<b>DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN</b>												
<b>% C.A. en peso de la Mezcla</b>	<b>4.5%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.5%</b>			<b>6.0%</b>		
<b>%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla</b>	38.2%	38.2%	38.2%	38.0%	38.0%	38.0%	37.8%	37.8%	37.8%	37.6%	37.6%	37.6%
<b>% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla</b>	57.3%	57.3%	57.3%	57.0%	57.0%	57.0%	56.7%	56.7%	56.7%	56.4%	56.4%	56.4%
<b>ESTABILIDAD (kg)</b>	830	855	887	996	1056	997.4	1118	1103	1144	1077	1057	1022
<b>PROMEDIO (kg)</b>	<b>857.3</b>			<b>1016.5</b>			<b>1121.7</b>			<b>1052.0</b>		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica patrón, donde el óptimo llegó a ser igual a 5.5% C.A. en peso de la Mezcla, que nos arrojó la estabilidad óptima igual a 1144 kg respecto a las 3 realizadas para 5.5% C.A., promediando por valor óptimo de Estabilidad igual a 1121.7 kg.

#### **Diseño de Mezcla con 5% de Escoria Metalúrgica:**

**Tabla 5.**

Porcentaje de diseño para mezcla con 5% de escoria metalúrgica.

<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>	
<b>Piedra Chancada</b>	40.0%
<b>Arena Zarandeada</b>	55.0%
<b>Escoria Metalúrgica</b>	5.0%
<b>Filler</b>	0.0%
<b>∑ Suma</b>	100.0%
<b>C.A. (PEN)</b>	<b>60-70</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 6.**

Resultados de estabilidad para mezcla con 5% de escoria metalúrgica.

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE ESCORIA METALÚRGICA</b>												
<b>% C.A. en peso de la Mezcla</b>	<b>4.5%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.5%</b>			<b>6.0%</b>		
<b>%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla</b>	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6%	37.6%	37.6%
<b>% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla</b>	52.5 3%	52.5 3%	52.5 3%	52.2 5%	52.2 5%	52.2 5%	51.9 8%	51.9 8%	51.9 8%	51.70%	51.70 %	51.70 %
<b>% de Escoria Metalúrgica</b>	<b>5.0%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.0%</b>		
<b>ESTABILIDAD (kg)</b>	1145	1132	1168	1296	1279	1284	1383	1329	1373	1390.5	1325	1308
<b>PROMEDIO (kg)</b>	<b>1148.3</b>			<b>1286.3</b>			<b>1361.7</b>			<b>1341.2</b>		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica con 5.0% de escoria metalúrgica, donde el óptimo se obtuvo con 6.0% C.A. en peso de la Mezcla, la cual nos arrojó la estabilidad óptima igual a 1390.50 kg de las 3 realizadas para 6.0% C.A., pero el mejor promedio óptimo se consiguió con 5.50% C.A., con un promedio de Estabilidad 1361.7 kg.

**Diseño de Mezcla con 8% de Escoria Metalúrgica:****Tabla 7.**

Porcentaje de diseño para mezcla con 8% de escoria metalúrgica.

<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>	
<b>Piedra Chancada</b>	40.0%
<b>Arena Zarandeada</b>	52.0%
<b>Escoria Metalúrgica</b>	8.0%
<b>Filler</b>	0.0%
<b>∑ Suma</b>	100.0%
<b>C.A. (PEN)</b>	<b>60-70</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 8.**

Resultados de estabilidad para mezcla con 8% de escoria metalúrgica.

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON 8% DE ESCORIA METALÚRGICA</b>												
<b>% C.A. en peso de la Mezcla</b>	<b>4.5%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.5%</b>			<b>6.0%</b>		
<b>%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla</b>	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %
<b>% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla</b>	49.6 6%	49.6 6%	49.6 6%	49.4 0%	49.4 0%	49.4 0%	49.1 4%	49.1 4%	49.1 4%	48.8 8%	48.8 8%	48.8 8%
<b>% de Escoria Metalúrgica</b>	<b>8.0%</b>			<b>8.0%</b>			<b>8.0%</b>			<b>8.0%</b>		
<b>ESTABILIDAD (kg)</b>	1251	1273	1260	1408	1420	1403	1445	1454	1557	1440	1475	1427
<b>PROMEDIO (kg)</b>	<b>1261.3</b>			<b>1410.3</b>			<b>1485.3</b>			<b>1447.3</b>		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica con 8% de escoria metalúrgica, donde el óptimo se obtuvo con 5.5% C.A. en peso de la Mezcla, la cual nos arrojó la estabilidad óptima igual a 1557.0 kg de las 3 realizadas para 5.5% C.A., con un promedio óptimo de Estabilidad 1485.3 kg.

**Diseño de Mezcla con 12% de Escoria Metalúrgica:****Tabla 9.**

Porcentaje de diseño para mezcla con 12% de escoria metalúrgica.

<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>	
<b>Piedra Chancada</b>	40.0%
<b>Arena Zarandeada</b>	48.0%
<b>Escoria Metalúrgica</b>	12.0%
<b>Filler</b>	0.0%
<b>∑ Suma</b>	100.0%
<b>C.A. (PEN)</b>	<b>60-70</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 10.**

Resultados de estabilidad para mezcla con 12% de escoria metalúrgica.

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON 12% DE ESCORIA METALÚRGICA</b>												
<b>% C.A. en peso de la Mezcla</b>	<b>4.5%</b>			<b>5.0%</b>			<b>5.5%</b>			<b>6.0%</b>		
<b>%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla</b>	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %
<b>% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla</b>	45.8 4%	45.8 4%	45.8 4%	45.6 0%	45.6 0%	45.6 0%	45.3 6%	45.3 6%	45.3 6%	45.1 2%	45.1 2%	45.1 2%
<b>% de Escoria Metalúrgica</b>	<b>12.0%</b>			<b>12.0%</b>			<b>12.0%</b>			<b>12.0%</b>		
<b>ESTABILIDAD (kg)</b>	1261	1383	1349	1463	1479	1468	1550	1537	1534	1450	1524	1517
<b>PROMEDIO (kg)</b>	<b>1331.0</b>			<b>1470.0</b>			<b>1540.3</b>			<b>1497.0</b>		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica con 12% de escoria metalúrgica, donde el óptimo llegó a ser 5.50% C.A. en peso de la Mezcla, la cual nos arrojó la estabilidad óptima igual a 1550 kg de las 3 realizadas para 5.50% C.A., con un promedio óptimo de Estabilidad 1540.30 kg.

**Diseño de Mezcla con 15% de Escoria Metalúrgica:****Tabla 11.**

Porcentaje de diseño para mezcla con 15% de escoria metalúrgica.

<b>PORCENTAJES DE DISEÑO</b>	
<b>Piedra Chancada</b>	40.0%
<b>Arena Zarandeada</b>	45.0%
<b>Escoria Metalúrgica</b>	15.0%
<b>Filler</b>	0.0%
<b>∑ Suma</b>	100.0%
<b>C.A. (PEN)</b>	<b>60-70</b>

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 12.**

Resultados de estabilidad para mezcla con 15% de escoria metalúrgica.

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON 15% DE ESCORIA METALÚRGICA</b>												
<b>% C.A. en peso de la Mezcla</b>	<b>5.0%</b>			<b>5.5%</b>			<b>6.0%</b>			<b>6.5%</b>		
<b>%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla</b>	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %	37.4 %	37.4 %	37.4 %
<b>% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla</b>	42.7 5%	42.7 5%	42.7 5%	42.5 3%	42.5 3%	42.5 3%	42.3 0%	42.3 0%	42.3 0%	42.0 8%	42.0 8%	42.0 8%
<b>% de Escoria Metalúrgica</b>	<b>15.0%</b>			<b>15.0%</b>			<b>15.0%</b>			<b>15.0%</b>		
<b>ESTABILIDAD (kg)</b>	1263	1187	1156	1276	1259	1265	1312	1297	1334	1257	1272	1234
<b>PROMEDIO (kg)</b>	<b>1202.0</b>			<b>1266.70</b>			<b>1314.30</b>			<b>1254.30</b>		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica con 15.0% de escoria metalúrgica, donde la óptima llegó a ser 6.0% C.A. en peso de la Mezcla, la cual nos arrojó la estabilidad óptima igual a 1334 kg de las 3 realizadas para 6.0% C.A. en peso de la Mezcla, promediando el valor óptimo de Estabilidad igual a 1314.30 kg.

Respondiendo el OE01. Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en la estabilidad del pavimento flexible, 2023. El mejor óptimo de estabilidad de las 12 briquetas utilizadas para muestra asfáltica patrón, es 5.5% C.A. con una estabilidad óptima de 1144 kg, con un promedio óptimo de Estabilidad 1121.7 kg. Y el mejor óptimo de las 48 briquetas empleadas para muestra asfáltica con incorporación de escoria metalúrgica con los porcentajes de 5.0%,8.0%,12.0% y 15.0% respectivamente; se obtuvo el mejor óptimo con la adición de 12.0% de escoria metalúrgica con 5.5% CA con una estabilidad de 1550 kg y promedio de 1540.3. Logrando notar un aumento de estabilidad con respecto al mejor óptimo de mezcla patrón de 406 kg, y un aumento en el promedio de óptimo de 418.6 kg.

Para los resultados del segundo objetivo específico, que fue: Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, 2023. Se realizó lo siguiente:

### Diseño de Mezcla Patrón:

**Tabla 13.**  
Resultados de Flujo para mezcla asfáltica patrón.

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN												
% C.A. en peso de la Mezcla	4.5%			5.0%			5.5%			6.0%		
% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %
% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	57.3 %	57.3 %	57.3 %	57.0 %	57.0 %	57.0 %	56.7 %	56.7 %	56.7 %	56.4 %	56.4 %	56.4 %
FLUJO (cm)	2.70	2.80	2.70	2.90	2.90	2.80	3.10	2.90	3.00	2.88	2.94	3.07
PROMEDIO (cm)	2.73			2.87			3.00			2.96		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestra asfáltica patrón, donde el porcentaje óptimo llegó a ser 4.5% C.A. en peso de la Mezcla, arrojando un flujo promedio óptimo igual a 2.73 cm. Pero en lo que respecta a estabilidad óptima de la mezcla patrón se tiene un flujo igual a 3.00cm.

## Diseño de Mezcla con 5% de Escoria Metalúrgica:

**Tabla 14.**

Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 5% de escoria metalúrgica.

DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE ESCORIA METALÚRGICA												
% C.A. en peso de la Mezcla	4.5%			5.0%			5.5%			6.0%		
% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %
% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	52.5 3%	52.5 3%	52.5 3%	52.2 5%	52.2 5%	52.2 5%	51.9 8%	51.9 8%	51.9 8%	51.7 0%	51.7 0%	51.7 0%
% de Escoria Metalúrgica	5.0%			5.0%			5.0%			5.0%		
FLUJO (cm)	2.80	2.90	3.00	3.10	3.20	3.10	3.20	3.30	3.10	2.90	3.00	3.00
PROMEDIO (cm)	2.90			3.13			3.20			2.97		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestras asfálticas con 5.0% de escoria metalúrgica, donde la óptima llegó a ser 4.5% C.A. en peso de la Mezcla, arrojando el flujo promediado óptimo igual a 2.90 cm. Pero en lo que respecta a estabilidad óptima de mezcla en base al 5.0% de escoria metalúrgica se tiene un flujo igual a 3.20 cm.



## Diseño de Mezcla con 8% de Escoria Metalúrgica:

**Tabla 15.**

Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 8% de escoria metalúrgica.

DISEÑO DE MEZCLA CON 8% DE ESCORIA METALÚRGICA												
% C.A. en peso de la Mezcla	4.5%			5.0%			5.5%			6.0%		
% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %
% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	49.6 6%	49.6 6%	49.6 6%	49.4 0%	49.4 0%	49.4 0%	49.1 4%	49.1 4%	49.1 4%	48.8 8%	48.8 8%	48.8 8%
% de Escoria Metalúrgica	8.0%			8.0%			8.0%			8.0%		
FLUJO (cm)	2.70	2.80	3.00	3.20	2.90	3.10	3.10	3.40	3.10	3.00	3.10	3.20
PROMEDIO (cm)	2.83			3.07			3.20			3.10		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestras asfálticas con 8.0% de escoria metalúrgica, donde el óptimo porcentaje llegó a ser 4.5% C.A. en peso de la Mezcla, arrojando un flujo promediado óptimo igual a 2.83 cm. Pero en lo que respecta a estabilidad óptima de mezcla en base al 8.0% de escoria metalúrgica se tiene por flujo igual a 3.20 cm.

## Diseño de Mezcla con 12% de Escoria Metalúrgica:

**Tabla 16.**

Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 12% de escoria metalúrgica.

DISEÑO DE MEZCLA CON 12% DE ESCORIA METALÚRGICA												
% C.A. en peso de la Mezcla	4.5%			5.0%			5.5%			6.0%		
% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	38.2 %	38.2 %	38.2 %	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %
% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	45.8 4%	45.8 4%	45.8 4%	45.6 0%	45.6 0%	45.6 0%	45.3 6%	45.3 6%	45.3 6%	45.1 2%	45.1 2%	45.1 2%
% de Escoria Metalúrgica	12.0%			12.0%			12.0%			12.0%		
FLUJO (cm)	2.70	2.80	2.80	2.90	3.20	3.00	3.60	3.40	3.50	3.80	3.60	3.70
PROMEDIO (cm)	2.77			3.03			3.50			3.70		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para cada muestra asfáltica correspondiente: 12 briquetas para muestras asfálticas con 12.0% de escoria metalúrgica, donde el óptimo porcentaje llegó a ser 4.5% C.A. en peso de la Mezcla, arrojando por flujo promedio óptimo igual a 2.77 cm. Pero en lo que respecta a estabilidad óptima de mezcla con 12.0% de escoria metalúrgica se tiene un flujo de 3.50 cm.

## Diseño de Mezcla con 15% de Escoria Metalúrgica:

**Tabla 17.**

Resultados de Flujo para mezcla asfáltica con 15% de escoria metalúrgica.

DISEÑO DE MEZCLA CON 15% DE ESCORIA METALÚRGICA												
% C.A. en peso de la Mezcla	5.0%			5.5%			6.0%			6.5%		
%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	38.0 %	38.0 %	38.0 %	37.8 %	37.8 %	37.8 %	37.6 %	37.6 %	37.6 %	37.4 %	37.4 %	37.4 %
% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	42.7 5%	42.7 5%	42.7 5%	42.5 3%	42.5 3%	42.5 3%	42.3 0%	42.3 0%	42.3 0%	42.0 8%	42.0 8%	42.0 8%
% de Escoria Metalúrgica	15.0%			15.0%			15.0%			15.0%		
FLUJO (cm)	2.70	2.80	2.80	3.00	3.10	3.20	3.30	3.20	3.20	3.50	3.10	3.60
PROMEDIO (cm)	2.77			3.10			3.23			3.40		

Nota. Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizaron 60 briquetas para las muestras asfálticas correspondientes: 12 briquetas para muestra asfáltica con 15.0% de escoria metalúrgica, de la cual el mejor porcentaje óptimo es 4.5% C.A. en peso de la Mezcla, arrojando un flujo promedio óptimo de 2.77 cm. Pero en función de la estabilidad óptima de mezcla con 15.0% de escoria metalúrgica se tiene un flujo de 3.23 cm.

Respondiendo el OE02. Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, 2023. Lo cual el mejor óptimo de flujo de las 12 briquetas utilizadas para muestra asfáltica patrón, es 4.5% C.A. con Flujo promedio óptimo de 2.73 cm. Y el mejor óptimo de las 48 briquetas utilizadas para muestra asfáltica con incorporación de escoria metalúrgica con los porcentajes de 5,0%,8,0%,12,0% y 15,0% respectivamente; se obtuvo el mejor óptimo de flujo con la adición de 12.0% y 15.0% de escoria metalúrgica, dando un flujo promedio óptimo de 2.77 cm. Logrando notar un aumento de 0.04 de flujo con respecto al mejor óptimo promedio de la mezcla patrón.

## V. DISCUSIÓN

Para el O. General, que fue: Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023. Se obtuvo un resultado favorable al añadir un porcentaje óptimo de 6.0% C.A. + 8.0% de escoria metalúrgica, dando una relación de estabilidad/flujo equivalente a 4641.70 kg/cm, con respecto a la mezcla patrón que fue 3738.9 kg/cm, aumentando 902.8 kg/cm en su relación de estabilidad/flujo. Este punto como tal no puede ser comparado, debido a que ninguno de los antecedentes comparte las mismas variables, sin embargo, se pudo relacionar con los resultados obtenidos respecto a las mismas propiedades, pero con diferente incorporación, como es el caso de Luis y Silva (2022), quien, en su tesis al incorporar escoria de acero en las mezclas asfálticas en caliente, obtuvo por resultados que al incorporar el 75% de escoria de acero logró un porcentaje de vacíos de 3.12%, una densidad de 2.301gr/cm<sup>3</sup>, una estabilidad de 12.66KN, y respecto al flujo se obtuvo 9.78mm. Relacionando el proyecto de tesis que se está investigando y el antecedente, llegaron a obtenerse resultados semejantes al mejorar las propiedades mecánicas del pavimento al añadir escoria metalúrgica al diseño de mezcla. Por otro lado se puede decir que concuerda con Morcote (2021), quien en su tesis tuvo por finalidad adicionar escoria de acero a temperaturas de 25°C, 40°C y 60°C en el diseño de mezcla asfáltico, obteniendo como resultados que para el 0% de adición de escoria se logró un ahuellamiento a los 25°C de 1.43 mm, a 40°C se tuvo 1.76mm de ahuellamiento y para 60°C se tuvo 2.69 mm de ahuellamiento, mientras que para el 100% de adición de escoria se logró un ahuellamiento a los 25°C de 0.64mm, a 40°C se tuvo 1.61mm, y para 60°C se tuvo 2.28mm de ahuellamiento. Por lo que concluyó que, a mayor incorporación de escoria de acero, menor es el ahuellamiento obtenido en el diseño de mezcla asfáltico por lo tanto la estabilidad y flujo es mayor, por ende, se puede decir que esta investigación se relaciona con la presente tesis, puesto que con la adición se mejoraron notablemente las propiedades del pavimento flexible. Lo mismo sucede con Higuera y Morales (2021), quienes en su tesis realizada tuvieron por finalidad evaluar la conducta mecánica de la mezcla asfáltica en caliente con inclusión de rap y escoria de hornos de arco eléctrico. Obteniendo por resultados que para el cambio del 30% de material con escoria de acero, se logró una relación de estabilidad/flujo fue de 4.38KN/mm. Por lo que concluyeron

en que la sustitución permite tener un adecuado diseño de mezcla, de esta manera se relaciona con la presente tesis, debido a que la escoria metalúrgica proporcionó mejores resultados para el diseño de mezcla del pavimento flexible. Por último esta tesis se relaciona con Guerra y Peña (2021), quienes tuvieron por finalidad evaluar de cómo repercute la incorporación de escoria negra de horno en el desempeño mecánico de las mezclas asfálticas, obteniendo por resultados que con 75% de escoria metalúrgica y 4.0% de asfalto logró una densidad de  $2.45 \text{ g/cm}^3$ , estabilidad de 16.09KN, flujo de 3.79mm y una relación de 4.24KN/mm, mientras que para 75% de escoria metalúrgica con 4.5% de asfalto, una densidad de  $2.46 \text{ g/cm}^3$ , una estabilidad de 13.44KN, un flujo de 3.81mm y una relación de 3.5KN/mm y el diseño con 75% de escoria metalúrgica con 5.0% de asfalto, una densidad de  $2.48 \text{ g/cm}^3$ , una estabilidad de 14.28KN, un flujo de 4.30mm y una relación de 3.32KN/mm. De esta manera llegaron a la conclusión de que a mayor adición de escoria menor es la estabilidad alcanzada, sin embargo, el flujo si aumenta a mayor porcentaje de adición de escoria, por lo que en la primera propiedad no existe relación con los resultados obtenidos en la presente tesis, mientras que en la segunda propiedad mencionada si se encuentra concordancia.

Para el OE1, que fue: Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en la estabilidad del pavimento flexible, 2023. Se obtuvo un resultado favorable al añadir un porcentaje óptimo de escoria metalúrgica de 12.0% mediante el ensayo Marshall incrementa la estabilidad promedio con respecto a la mezcla patrón de 1121.7 kg a 1550 kg, con un aumento de estabilidad de 406 kg. Antecedente, Arias y López (2021), al incorporar en las mezclas asfálticas en caliente, residuos de material siderúrgico a utilizar en pavimentos flexibles se evidenciaron que con la adición del 12% de escoria siderúrgica se alcanzó una estabilidad de 16.76KN un flujo de 4.5mm, presentando que dicha combinación tiene una estabilidad y flujo adecuadas para el mantenimiento de su forma bajo esfuerzos repetidos. Cuando se compararon a la tesis y el antecedente, llegaron a obtenerse resultados idénticos al mejorar el valor de estabilidad de la mezcla asfáltica mediante la inclusión de escoria en las dos investigaciones. Del mismo modo concuerda con Díaz (2022), quien en su tesis tuvo por finalidad adicionar escoria siderúrgica a fin de alcanzar mejoras sobre las propiedades de la carpeta asfáltica y de esta manera poder

rehabilitar las calles del distrito La Tinguña, obteniendo como resultados que con la adición del 3% de restos de material siderúrgico, se logró una estabilidad de 2042.60 kg. Por lo que se relaciona con la tesis debido a que adicionando escoria la estabilidad mejoró notablemente. Sin embargo no concuerda con Guerra y Peña (2021), quienes en su tesis tuvieron por finalidad evaluar cómo repercute la incorporación de escoria negra de horno en el desempeño mecánico de las mezclas asfálticas tipo MDC-19, obteniendo como resultados que el diseño de mezcla con 75% de escoria metalúrgica y 4.0% de asfalto logró una densidad de  $2.45 \text{ g/cm}^3$ , estabilidad de 16.09KN, flujo de 3.79mm y una relación de 4.24KN/mm. De esta manera llegaron a la conclusión de que a mayor adición de escoria menor es la estabilidad alcanzada, a diferencia de la presente tesis, cuyos resultados reflejaron una mejora en la estabilidad a mayor sea la incorporación de escoria, esto puede depender del tipo de adición.

Para el OE2, que fue: Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, 2023. Se obtuvo un resultado desfavorable en el flujo al añadir escoria metalúrgica, obteniendo el mejor óptimo promedio de flujo de la mezcla patrón con el porcentaje óptimo de 4.5% C.A. un flujo promedio de 2.73 cm y el mejor porcentaje con incorporación de escoria metalúrgica fue 12.0% y 15.0%, obteniendo el mejor óptimo promedio de flujo con escoria metalúrgica de 2.77 cm; aumentando 0.04 con respecto al mejor óptimo promedio de la mezcla patrón. Antecedente, Díaz (2022), quien, en su tesis, al adicionar escoria siderúrgica en la carpeta asfáltica obtuvo como resultados que con el 3% de material siderúrgico, se logró un porcentaje de vacíos de 4.20%, estabilidad de 2042.60 kg, un flujo de 3.70mm, de esta manera, se realiza una comparación entre el proyecto de investigación y el antecedente, llegando a la conclusión que la escoria tiende a repercutir de forma mínima sobre la fluencia o deformación vertical de mezclas asfálticas en el antecedente, a diferencia de esta investigación la inclusión de escorias llega a repercutir de manera desfavorable en la fluencia ya que el flujo aumenta 0.50 cm en el más óptimo de la estabilización. Así mismo, concuerda con Arias y López (2021), quienes en su tesis realizaron la incorporación de residuos de material siderúrgico en las mezclas asfálticas en caliente a utilizar en pavimentos flexibles, obteniendo por resultados que con el 3% de escoria siderúrgica, se logró

un flujo de 3.5mm, con el 6% se obtuvo 3.58mm de flujo, para 9% de escoria siderúrgica, se tuvo un flujo de 3.92 mm y para el 12% de escoria siderúrgica, se tuvo un flujo de 4.5mm. De esta manera concluyeron en que, a mayor porcentaje de incorporación de escoria siderúrgica, mayor es el flujo alcanzado, concordando de esta manera con lo obtenido en la presente tesis. Así mismo concuerda con Carpio y Mosqueira (2020), quienes en su tesis tuvieron por finalidad evaluar cómo repercute la inclusión de material reciclado en la mezcla asfáltica. Como resultados obtuvieron que para la mezcla con adición del 15% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1004 kg, un porcentaje de vacíos de 3.00%, un flujo de 2.32mm, con la adición del 20% de material reciclado, logró una estabilidad de 1602.52 kg un porcentaje de vacíos de 3.90%, un flujo de 3.12mm, con el 25% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1441.00 kg un porcentaje de vacíos de 3.67%, un flujo de 3.17mm, con un 30%, de material reciclado, se logró una estabilidad de 1898.36 kg un porcentaje de vacíos de 3.36%, un flujo de 3.90mm, con el 40% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1792.43 kg, un porcentaje de vacíos de 3.156%, un flujo de 3.80mm y con la adición del 50% de material reciclado, se logró una estabilidad de 1310 kg, un porcentaje de vacíos de 4.15%, un flujo de 3.225mm. De esta manera se puede concluir en que la adición de material reciclado de asfalto resultó beneficioso para la mezcla, relacionándose con la tesis en que con la adición se mejoraron notablemente las propiedades.

## **VI. CONCLUSIONES**

A continuación, se hace mención a las conclusiones de la presente investigación, cabe recalcar que la contrastación de la hipótesis se realizó en base a los resultados obtenidos en laboratorio mediante un análisis estadístico descriptivo, mas no en base a un análisis estadístico inferencial.

### **Conclusión General.**

En conclusión, en general el mejor porcentaje óptimo de estabilidad es 4.5 C. A + 12% escoria metalúrgica dando una estabilidad igual a 1540.3 kg y el mejor porcentaje óptimo de flujo es el de la mezcla patrón, siendo el menor flujo de todos los diseños de mezcla, dando un flujo equivalente a 2.73 cm. Realizando la relación estabilidad/flujo el mejor porcentaje óptimo es 6.0% C.A. + 8.0% escoria metalúrgica, dando una relación de 4641.7 kg/cm, con respecto a la muestra patrón fue 3738.9 kg/cm, aumentando 902.8 kg/cm con respecto a la mezcla patrón.

### **Conclusión para OE1.**

Se concluye que influye favorablemente la escoria metalúrgica en la estabilidad del pavimento flexible, obteniéndose una mezcla patrón óptima promedio, dando una estabilidad de 1121.7 kg; así mismo para mezcla asfáltica con incorporación de escoria metalúrgica con los siguientes porcentajes 5.0%,8.0%,12.0% y 15.0%; se obtuvo el porcentaje óptimo de 5.5% C.A. + 12.0% de escoria metalúrgica, dando una estabilidad óptima promedio de 1540.3 kg. Con respecto a la mezcla patrón incrementa 418.6 kg en su estabilidad.

### **Conclusión para OE2.**

Se concluye que influye desfavorablemente la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, ya que aumenta el flujo con la incorporación de escoria metalúrgica con respecto a la mezcla asfáltica patrón. Siendo el mejor flujo óptimo promedio de la mezcla patrón 2.73 cm; así mismo para mezcla asfáltica con incorporación de escoria metalúrgica con los siguientes porcentajes 5.0%,8.0%,12.0% y 15.0%; se obtuvo el porcentaje óptimo de 4.5% C.A. + 12.0% y 5.0% C.A. + 15.0% de escoria metalúrgica, dando por flujo óptimo promedio



equivalente a 2.77cm. Con respecto a la mezcla patrón aumentó 0.04 cm de flujo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda la realización de ensayos sobre calidad a los materiales antes de realizar el diseño de mezcla, ya que de estos materiales dependen las propiedades físicas y mecánicas del asfalto.

Se recomienda a las empresas consultoras y constructoras de proyectos de infraestructura vial que realicen estudios de mayor profundidad de la escoria metalúrgica a fin de utilizarlo en la carpeta asfáltica como agregado fino ya que mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica comparada con la mezcla asfáltica convencional.

Se recomienda al gobierno central implementar una política de recolección de desperdicios de escoria metalúrgicas generados en la minería, procesos de fundición de metales, que no llegan a emplearse y al contrario están contaminados; para utilizar y dar una aplicación adecuada de este material en el campo de la construcción.

Se recomienda utilizar escoria metalúrgica en un rango de porcentajes de 8.0% y 12% ya que dentro de ese rango se alcanzó la obtención de una mayor estabilidad y un flujo de aumento insignificante, en comparación de mezclas asfálticas convencionales.

## REFERENCIAS

1. *AMMONIA-Soda residue and metallurgical slags from iron and steel industries as cementitious materials for clinker-free concretes*. Xu [et al.]. 2021. s.l. : Journal of Cleaner Production, 307(1): 1-12, 2021.
2. ARIAS, A y LÓPEZ, D. 2021. *Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020*. s.l. : Repositorio Institucional UCV, 2021.
3. ARIAS, J. 2020. *Proyecto de tesis: guía para la elaboración*. s.l. : Concytec, 1-70, 2020.
4. ARIAS, J y COVINOS, M. 2021. *Diseño y metodología de la investigación*. s.l. : Enfoques Consulting EIRL, 1-124, 2021.
5. *ASSESSING impacts of climate change on flexible pavement service life based on Falling Weight Deflectometer measurements*. Qiao [et al.]. 2020. s.l. : Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 120(1): 1-9, 2020.
6. ASTM International. 2022. *Standard Terminology Relating to Materials for Roads and Pavements*. s.l. : ASTM, 2022.
7. CARPIO, S y MOSQUEIRA, E. 2020. *Incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km1, Talavera, Andahuaylas, 2020*. s.l. : Repositorio Institucional UCV, 2020.
8. *CHARACTERISTICS of aggregate gradation, drain down and stabilizing agents in stone matrix asphalt mixtures: A state of art review*. Devulapalli [et al.]. 2022. s.l. : Journal of Traffic and Transportation Engineering, 9(2): 167-179, 2022.
9. *COMBINED effect of compaction level and matric suction conditions on flexible pavement performance using construction and demolition waste*. Arab [et al.]. 2020. s.l. : Construction and Building Materials, 261(1): 1-15,

2020.

10. *COMPARATIVE Analysis of Machine Learning Models for Prediction of Remaining Service Life of Flexible Pavement*. Nabipour [et al.]. 2019. s.l. : Mathematics, 7(12): 1-22, 2019.
11. CÓRDOVA, K y CRUZ, L. 2020. *Factores que influyen en el desgaste del pavimento de la Av. Ramón Castilla en Chulucanas - Piura 2019*. s.l. : Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, 7(1): 1-14, 2020.
12. DIAZ, J. 2022. *Aplicación de escoria siderúrgica en la rehabilitación de la carpeta asfáltica en el distrito de la Tinguiña, Ica 2022*. s.l. : Repositorio Institucional UCV, 2022.
13. *DURABILITY and surface properties of low-noise pavements with recycled concrete aggregates*. Mikhailenko [et al.]. 2021. s.l. : Journal of Cleaner Production, 319(1): 1-12, 2021.
14. *Effect of application of metallurgical slag powders on physical and rheological properties of asphalt*. Hernandez [et al.]. 2021. s.l. : Construction and Building Materials, 292(1): 1-10, 2021.
15. *EFFECT of Palm Oil Clinker (POC) Aggregate on the Mechanical Properties of Stone Mastic Asphalt (SMA) Mixtures*. Babalghaith [et al.]. 2020. s.l. : Sustainability, 12(7): 1-19, 2020.
16. *EFFECTS of warm-mix asphalt technologies and modifiers on pavement performance of recycled asphalt binders*. Li [et al.]. 2021. s.l. : Journal of Cleaner Production, 282(1): 1-11, 2021.
17. *ENVIRONMENTAL and economic assessment of collective recycling waste plastic and reclaimed asphalt pavement into pavement construction: A case study in Hong Kong*. Yao [et al.]. 2022. s.l. : Journal of Cleaner Production, 336(1): 1-13, 2022.
18. *EVALUATION of asphalt-aggregate adhesive property and its correlation with the interaction behavior*. Huang [et al.]. 2023. s.l. : Construction and

- Building Materials, 374(1): 1-12, 2023.
19. *EVALUATION of flexible pavement deterioration conditions using deflection profiles under moving loads*. Deng [et al.]. 2021. s.l. : Transportation Geotechnics, 26(1): 1-38, 2021, Transportation Geotechnics.
  20. *EVALUATION of the effect of metallurgical aggregates (steel and copper slag) on the thermal conductivity and mechanical properties of concrete in jointed plain concrete pavements (JPCP)*. Mirnezami [et al.]. 2023. s.l. : Construction and Building Materials, 367(1): 1-14, 2023.
  21. *EVALUATION of the impact factors on the leaching risk of steel slag and its asphalt mixture*. Gan [et al.]. 2022. s.l. : Case Studies in Construction Materials, 16(1): 1-13, 2022.
  22. *Evaluation of the Volume Stability and Resource Benefit of Basic Oxygen Furnace Slag and Its Asphalt Mixture Based on Field Application*. Zhao [et al.]. 2021. s.l. : Hindawi, 1: 1-10, 2021.
  23. *EXPERIMENTAL investigation surface abrasion resistance and surface frost resistance of concrete pavement incorporating fly ash and slag*. Xu [et al.]. 2020. s.l. : International Journal of Pavement Engineering, 22(1): 1-9, 2020.
  24. GEDIK, A. 2021. *An exploration into the utilization of recycled waste glass as a surrogate powder to crushed stone dust in asphalt pavement construction*. s.l. : Construction and Building Materials, 300(1): 1-13, 2021.
  25. GÓMEZ, C. 2019. *Estudio del comportamiento de mezclas asfálticas con escoria de horno de arco eléctrico*. s.l. : Repositorio UPTC, 2019.
  26. GUERRA, M y PEÑA, L. 2021. *Evaluación del desempeño mecánico de mezclas asfálticas tipo MDC-9 modificadas con grano de caucho reciclado y escoria negra de horno de acero eléctrico*. s.l. : Repositorio UST, 2021.
  27. HERNÁNDEZ, R y MENDOZA, C. 2018. *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. s.l. : Repositorio Digital Académico UASB, 1-714, 2018.

28. *HIGH modulus asphalt concrete: A state-of-the-art review*. Chen [et al.]. 2020. s.l. : Construction and Building Materials, 237(1): 1-17, 2020.
29. HIGUERA, N y MORALES, J. 2021. *Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente fabricadas con rap y escorias de horno de arco eléctrico*. s.l. : Repositorio USTA, 2021.
30. *IMPROVEMENT of the mechanical performance of dune sand for using in flexible pavements*. Smaida [et al.]. 2019. s.l. : Construction and Building Materials, 208(1): 464-471, 2019.
31. *INFLUENCIA de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente*. Castro [et al.]. 2020. s.l. : Ingeniería: Ciencia, tecnología e innovación, 7(2): 176-190, 2020.
32. *INVESTIGATING impacts of warm-mix asphalt technologies and high reclaimed asphalt pavement binder content on rutting and fatigue performance of asphalt binder through MSCR and LAS tests*. Sun [et al.]. 2019. s.l. : Journal of Cleaner Production, 219(1): 879-893, 2019.
33. LUIS, J y SILVA, D. 2022. *Escoria de acero y su influencia en las propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas en caliente*. s.l. : Repositorio Institucional UCV, 2022.
34. *MECHANICAL Characterization of Industrial Waste Materials as Mineral Fillers in Asphalt Mixes: Integrated Experimental and Machine Learning Analysis*. Tiwari [et al.]. 2022. s.l. : Sustainability, 14(10): 1-25, 2022.
35. *MODELING humidity and stress-dependent subgrade soils in flexible pavements*. Peng [et al.]. 2020. s.l. : Computers and Geotechnics, 120(1): 1-9, 2020.
36. MORCOTE, C. 2021. *Mezclas asfálticas modificadas con escorias siderúrgicas*. s.l. : Repositorio UPTC, 2021.
37. *NEW road infrastructure: The effects on firms*. Gibbons [et al.]. 2019. s.l. : Journal of Urban Economics, 110(1): 35-50, 2019.

38. *PAVEMENT* *conductive wearing surface with graphite heating film de-icing potential and performance experimental study*. Yan [et al.]. 2021. s.l. : International Journal of Pavement Research and Technology, 14(1): 688–696, 2021.
39. *PERFORMANCE* *evaluation of stone mastic asphalt (SMA) mixtures with palm oil clinker (POC) as fine aggregate replacement*. Babalghaith [et al.]. 2020. s.l. : Construction and Building Materials, 262(1): 1-11, 2020.
40. *PERFORMANCE* *Evaluation of Wearing Course Asphalt Mixes Based on Resilient Modulus, Indirect Tensile Strength and Marshall Stability*. Nouman [et al.]. 2022. s.l. : International Journal of Pavement Research and Technology, 15(1): 63-72, 2022.
41. *POTENTIAL* *Use of Volcanic Ash as Filler Material in Hot Mix Asphalt*. Fayissa [et al.]. 2022. s.l. : Hindawi, 1:1-8, 2022.
42. *PROJECT* *Level Management Decisions in Construction and Rehabilitation of Flexible Pavements*. Mohamed [et al.]. 2022. s.l. : Automation in Construction, 133(1): 1-25, 2022, Automation in Construction.
43. *REVIEW* *of recycling waste plastics in asphalt paving materials*. You [et al.]. 2022. s.l. : Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 9(5): 742-764, 2022.
44. *ROAD* *performance, VOCs emission and economic benefit evaluation of asphalt mixture by incorporating steel slag and SBS/CR composite modified asphalt*. Zhao [et al.]. 2023. s.l. : Case Studies in Construction Materials, 18(1): 1-13, 2023.
45. SEGUNDO, A y TESEN, C. 2021. *Autorreparación bajo inducción de calor de la mezcla asfáltica en caliente al incorporar fibras de acero y caucho, Chiclayo 2021*. s.l. : Repositorio Institucional UCV, 2021.
46. *THE* *Life Cycle Energy Consumption and Emissions of Asphalt Pavement Incorporating Basic Oxygen Furnace Slag by Comparative Study*. Xie [et al.].

2021. s.l. : Sustainability, 13(8): 1-13, 2021.
47. *THE performance of asphalt binder with trichloroethylene: Improving the efficiency of using reclaimed asphalt pavement.* Ge [et al.]. 2019. s.l. : Journal of Cleaner Production, 232(1): 205-212, 2019.
48. *USE of Iron and Steel Slags in Concrete: State of the Art and Future Perspectives.* Piemonti [et al.]. 2021. s.l. : Sustainability, 13(2): 1-28, 2021.
49. *WASTE materials and by-products as mineral fillers in asphalt mixtures.* Tarbay [et al.]. 2019. s.l. : Innovative Infrastructure Solutions, 4(5): 1-13, 2019.
50. *WASTE slags as sustainable construction materials: a compressive review on physico mechanical properties.* Meshram [et al.]. 2023. s.l. : Journal of Materials Research and Technology, 23(1): 5821-5845, 2023.



## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

<b>INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, 2023</b>					
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESC. DE MEDICIÓN</b>
Escoria metalúrgica	Xu et al. (2021) indican que son subproductos del resultado de los procesos metalúrgicos, especialmente al momento de fundir y refinar metales, de igual forma, logran generarse cuando los minerales metálicos logran someterse a altas temperaturas a fin de generar la extracción de los metales deseados.	La escoria metalúrgica se adicionó en porcentajes iguales a 5%, 8%, 12% y 15% a la mezcla asfáltica de acuerdo al diseño de mezcla en base a las cantidades de ligante asfáltico, polvo mineral y agregados pétreos. Su adición se basó al ser un subproducto que se desecha, además de presentar características beneficiosas para el pavimento flexible.	Porcentaje de adición	0%,5%, 8%, 12%, 15%	Razón
			Diseño de mezcla	% Agregados pétreos	
				% Polvo mineral	
				% Ligante asfáltico	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESC. DE MEDICIÓN</b>
Propiedades mecánicas del pavimento flexible	Huang et al. (2023) indican que son las características mecánicas que posee el pavimento flexible en base al soporte de cargas y resistencia a deformaciones, esto respecto a la estabilidad y funcionalidad del pavimento a lo largo de los años.	Las propiedades mecánicas del pavimento flexible respecto a su estabilidad y flujo se midieron al ser aspectos críticos que logran influir directamente en la durabilidad, seguridad y rendimiento general del pavimento flexible, esto en base al método Marshall.	Propiedades mecánicas	Estabilidad (Kg)	Razón
				Flujo (cm)	Razón

## Anexo 2: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología
<p><b>General:</b></p> <p>¿De qué manera influye la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023?</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>I) ¿Cuál es la influencia de la escoria metalúrgica en la estabilidad del pavimento flexible, 2023?</p> <p>II) ¿Cuál es la influencia de la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, 2023?</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>I) Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en la estabilidad del pavimento flexible, 2023.</p> <p>II) Determinar la influencia de la escoria metalúrgica en el flujo del pavimento flexible, 2023.</p>	<p><b>General:</b></p> <p>La adición de escoria metalúrgica influye de manera óptima en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, 2023.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>I) La adición de escoria metalúrgica influye de manera óptima en el incremento de la estabilidad del pavimento flexible, 2023.</p> <p>II) La adición de escoria metalúrgica influye de manera óptima en el incremento del flujo del pavimento flexible, 2023.</p>	<p><b>Independiente:</b></p> <p>Escoria metalúrgica</p> <p><b>Dependiente:</b></p> <p>Propiedades mecánicas del pavimento flexible</p>	Porcentaje de adición	0%,5%, 8%, 12%, 15%	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Básica</p>
				Diseño de mezcla	% Agregados pétreos	
					% Polvo mineral	
				% Ligante asfáltico	<p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>Cuasi experimental</p>	
				Propiedades mecánicas		Estabilidad (Kg)
					Flujo (cm)	



## Anexo 4: Ficha de observación de laboratorio llenado

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
INGENIERIA CIVIL  
FICHA DE OBSERVACION DE LABORATORIO

OBJETIVO: "DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, 2023"

VARIABLE DEPENDIENTE PROPIEDADES MECANICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE - ESCORIA METALURGICA											
	DISEÑO PATRON											
	4.50%	4.50%	4.50%	5%	5%	5%	5.50%	5.50%	5.50%	6%	6%	6%
Estabilidad (kg)	830	855	887	996	1056	997.40	1118	1103	1144	1077	1057	1022
Flujo (cm)	2.70	2.80	2.70	2.90	2.90	2.80	3.10	2.90	3.00	2.88	2.94	3.07

VARIABLE DEPENDIENTE PROPIEDADES MECANICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE - ESCORIA METALURGICA											
	DISEÑO 5%											
	4.50%	4.50%	4.50%	5%	5%	5%	5.50%	5.50%	5.50%	6%	6%	6%
Estabilidad (kg)	1145	1132	1168	1296	1279	1284	1303	1329	1373	1390.5	1325	1308
Flujo (cm)	2.80	2.90	3.00	3.10	3.20	3.10	3.20	3.30	3.10	2.90	3.00	3.00

VARIABLE DEPENDIENTE PROPIEDADES MECANICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE - ESCORIA METALURGICA											
	DISEÑO 8%											
	4.50%	4.50%	4.50%	5%	5%	5%	5.50%	5.50%	5.50%	6%	6%	6%
Estabilidad (kg)	1251	1273	1260	1408	1420	1403	1445	1454	1557	1440	1475	1427
Flujo (cm)	2.70	2.80	3.00	3.20	2.90	3.10	3.10	3.40	3.10	3.00	3.10	3.20

VARIABLE DEPENDIENTE PROPIEDADES MECANICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE - ESCORIA METALURGICA											
	DISEÑO 12%											
	4.50%	4.50%	4.50%	5%	5%	5%	5.50%	5.50%	5.50%	6%	6%	6%
Estabilidad (kg)	1267	1385	1349	1463	1479	1468	1550	1537	1534	1450	1524	1517
Flujo (cm)	2.70	2.80	2.90	2.90	3.20	3.00	3.60	3.40	3.50	3.80	3.60	3.70

VARIABLE DEPENDIENTE PROPIEDADES MECANICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE - ESCORIA METALURGICA											
	DISEÑO 15%											
	5%	5%	5%	5.50%	5.50%	5.50%	6%	6%	6%	6.5	6.5	6.5
Estabilidad (kg)	1263	1187	1156	1226	1259	1265	1312	1297	1334	1257	1272	1234
Flujo (cm)	2.70	2.80	2.80	3.00	3.10	3.20	3.30	3.20	3.20	3.50	3.10	3.60

AAC EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.

*Cristhian Miguel Arrisategui Brown*  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. SUP. Nº 111110

Anexo 5: Certificado de acreditación de laboratorio.

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

**A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R.L.**

**Laboratorio de Ensayo**  
En su sede ubicada en: Mz S, Lote 59, Asentamiento Humano Ampliación Saqi Cantoral Huaman, distrito y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.**  
Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 12 de agosto de 2022  
Fecha de Vencimiento: 11 de agosto de 2025

 Ministerio de Producción  
DIRECCIÓN GENERAL DE ASESORIA TÉCNICA  
Módulo: Sistema de Gestión de la Calidad

**ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRÍA**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 22 de agosto de 2022

Declaración N° : 314-2022-INACAL/DA  
Contrato N° : 021-2022-INACAL/DA  
Registro N° : 11-187



El presente certificado debe validarse con un repositorio de datos de Acreditación y estado de certificación dado que el usuario puede estar sujeto a actualizaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El acceso y vigencia de este documento es a página [www.inacal.gob.pe/acreditacion/comparto/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/comparto/acreditados), por lo tanto del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del OIRCA de los Asociados Asociaciones Cooperativas QMATIC y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la Asociación Laboratorios y Acreditación Cooperativa (ALAC).

DA-acr-06P-00M-V01-01



## Anexo 6: Certificado de Calibración de Equipos de laboratorio.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC-038



000-41 / 88.10 - 846 2019  
Pag. 1 de 3

### Certificado de Calibración LMB22-0713

ORDEN DE TRABAJO	: OT22-0701	<p>El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad de proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ofrece servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario deberá recalibrar sus instrumentos a intervalos acordados.</p> <p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura <math>k=2</math>. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinado con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</p> <p>Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitarle la correspondiente disponer en su momento la recalibración.</p> <p>MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.</p>
CLIENTE	: A & C EXPLORACION GEOTÉCNICA MECÁNICA DE SUELOS S.R.L.	
DIRECCIÓN	: Nro. M-03 Int. L-59 P.J. SAUL CANTORAL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE - PERÚ	
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: ÁREA LABORATORIO	
INSTRUMENTO	: BALANZA	
CLASIFICACIÓN	: NO AUTOMÁTICA	
TIPO	: ELECTRÓNICA	
MARCA / FABRICANTE	: OHAUS	
MODELO	: R31P30	
NÚMERO DE SERIE	: 8339380044	
PROCEDENCIA	: CHINA	<p>Señal</p>
IDENTIFICACIÓN	: 016-A&C-2022	
CAPACIDAD MÁXIMA	: 30 000 g	
CAPACIDAD MÍNIMA	: NO INDICA	
DIV. DE ESCALA (d)	: 1 g	
DIV. DE VERIFICACIÓN (e)	: 1 g	
CLASE DE EXACTITUD	: NO INDICA	
ΔT LOCAL	: 5 °C	
COEF. DERIVA TÉRMICA	: 1E-05 °C <sup>-1</sup>	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-11-11	
FECHA DE EMISIÓN	: 2022-11-11	



Director de Laboratorio  
Dante Abelino Pérez

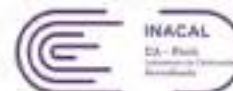
MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN ESCRITA DE MSG.  
Jr. Los Olivos Nro. 3883 Urb. Flores 78 - Lima 36 Tel.: 01 462 4729 / R.P.C. 962 307 383  
operaciones@msgperu.com / mantenimiento@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com



Punto de Precisión SAC

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



Norma: 010-2010

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-171-2022

Página: 1 de 3

Expediente	: 044-2022	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión	: 2022-03-15	
1. Solicitante	: A & C EXPLORACIÓN GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Dirección	: NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
2. Instrumento de Medición	: BALANZA	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: SJX1502/E	
Número de Serie	: B727342921	
Alcance de Indicación	: 1 500 g	
División de Escala de Verificación ( e )	: 0,1 g	
División de Escala Real (d)	: 0,01 g	
Procedencia	: CHINA	
Identificación	: NO INDICA	Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
Tipo	: ELECTRÓNICA	PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Ubicación	: LABORATORIO	
Fecha de Calibración	: 2022-03-14	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOP.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO de A & C EXPLORACIÓN GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	



PT-06.P03 / Diciembre 2016 / Rev 02

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



Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-6106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N°CCG - 221 - 2022

Página: 1 de 5

**Expediente** : TLPB-00020622-0000118

**Fecha de emisión** : 23/05/2022

**1. Solicitante** : A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R.L

**RUC** : 20437420433

**2. Descripción del Equipo** : COPA CASA GRANDE

**Incluye** : CONTADOR DE GOLPE

**Marca de la base** : RUMISTONE

**Modelo de la base** : CGR1096

**Serie de la base** : LA-010138

**Tipo de Sistema** : MANUAL

**3. Fecha y lugar de Calibración**

23 de mayo del 2022

A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R.L

Prolg. Av. Chiclayo "Mz"3 L1"59" Ampliación- Saúl Cantoral

**4. Trazabilidad**

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

El equipo de medición con el modelo y número de serie indicados en el presente informe, ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

Terraservice Laboratorio Perú S.R.L no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Pie de rey	Vernier INSIZE Div. Esc. 0-200x0.05mm	TC - 07682 - 2022 / INACAL
Durómetro tipo D	Durometro REX GAUGE CO. Div. Esc. 1 /0 shore D a 90 shore D	RD - 0118171
Resilience Test	HUMBOLDT Resilience Test / 0 % a 100%	-
Comparador de cuadrante	DASQUA 0-12.7MM/0.001MM	TC - 09758 - 2022 / INACAL

☎ 01 323 1468

☎ 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207

📍 IR. Andahuaylas Nº477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

*[Firma manuscrita]*  
TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

010-CT-MI-2023

Área de Metrología

Página 1 de 7

Expediente	:	183-02-2023
Solicitante	:	A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA MECÁNICA DE SUELOS S.R.L.
Dirección	:	Nro. M-03 Int. L-59 P.J. Saul Cantoral - Chiclayo - Lambayeque - Perú
Equipo	:	HORNO
Marca	:	PERUTEST
Modelo	:	PT-H76
Serie	:	168
Identificación	:	No indica
Ubicación	:	Laboratorio (*)
Procedencia	:	No indica
Tipo de Ventilación	:	Forzada
Nro. de Niveles	:	2
Alcance del Equipo	:	50 °C a 300 °C (**)

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

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

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

### Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo

Descripción	TERMOMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	AutComp / TDC
Alcance de indicación	-100 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

Fecha de Calibración	:	2023-03-23
Lugar de Calibración	:	Laboratorio - A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA MECÁNICA DE SUELOS S.R.L. Nro. M-03 Int. L-59 P.J. Saul Cantoral - Chiclayo - Lambayeque - Perú
Método utilizado:	:	Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-01B-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2008.



2023-03-24

Fecha de emisión



ALVAREZ NAVARRO ANIBEL  
GUSTAVO  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
ÁREA DE METROLOGÍA LAB 21  
metrologia@2myn.com  
Fecha: 24/03/2023 10:11  
Firmado con www.tccapa.pe



VELAZCO NAVARRO MIRIAM  
ARACELI  
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
gerencia@2myn.com  
Fecha: 24/03/2023 12:50  
Firmado con www.tccapa.pe

Cód. de Servicio: 02345-A

Cód. FT-T43 Rev. 04

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

Camara 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

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-001 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Pag. / Pags 1 de 3

**Equipo**  
Instrument

TAMIZ 8 in.

**Fabricante**  
Manufacturer

PINZUAR

**Modelo**  
Model

GRANOTEST

**Número de Serie**  
Serial Number

79305

**Identificación Interna**  
Internal Identification

001-L-A&amp;C-2020

**Malla**  
Mesh

3 in.

**Solicitante**  
CustomerA & C EXPLORACION GEOTECNICA Y  
MECANICA DE SUELOS SRL**Dirección**  
AddressNRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL  
(FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA  
FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO -  
CHICLAYO**Ciudad**  
City

CHICLAYO

**Fecha de Calibración**  
Date of calibration

2023 - 01 - 20

**Fecha de Emisión**  
Date of issue

2023 - 01 - 25

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

03

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 los datos 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 Certificado**  
Signatures authorizing the certificate

Teog Javier Arnulfo López  
Metrologo Laboratorio de Metrología

Teog Francisco Adolfo Durán  
Metrologo Laboratorio de Metrología

L-28217-001 R0

**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) 345 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

REG. 13713 1371  
 11 JUL 2014

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-002 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 1

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial number</i>	87184
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal identification</i>	002-L-ASC-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	2 in.
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25

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 relate 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.

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

03

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 los datos del certificado no se caen de contexto. Los certificados de calibración son firmados con validez.

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. Calibration certificates are signed with validity.

**Firmas que Autorizan Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

**Teog. Javier Arnulfo López**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Teog. Francisco Adolfo Durán**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**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. 38 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-003 R0**

Calibración Certificada - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 of 2

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	57813
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	003-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	1.75 in.
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-50 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRET A FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2023 - 01 - 25

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.

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

03

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 los datos del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración en forma 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. Calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan Certificado***Signatures Authorizing the Certificate*

**Teog. Javier Arnulfo López**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Teog. Francisco Adolfo Durán**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

IMPRESIÓN 01/23

**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 5890 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-004 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Pag. / Pág. 1 de 3

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	87383
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	004-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	1 in.
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MÉCANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRD. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25

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.

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

03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir ni reformar, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se caigan o corraen. Los certificados de calibración en 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 torn or run away. Calibration certificates in signature are not valid.

**Firmas que Autorizan Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

Teófilo Javier Arnulfo López  
Métrologo Laboratorio de Metrología

Teófilo Francisco Adelfo Durán  
Métrologo Laboratorio de Metrología

LAMP-04-01-0133

**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. 38 - 25 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5870 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA REG. NO. 1282-2017  
11-1407-004

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-005 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

<b>Equipo</b> Instrument	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> Manufacturer	PINZUAR
<b>Modelo</b> Model	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> Serial Number	07901
<b>Identificación Interna</b> Internal Identification	005-L-A&C-2020
<b>Malla</b> Mesh	N in.
<b>Solicitante</b> Customer	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> Address	NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> City	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> Date of calibration	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> Date of issue	2023 - 01 - 20
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> Number of pages of the certificate and documents attached	03

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 e imprimir, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que los datos del certificado no se caen de contexto. Los certificados de calibración en 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. Original calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

Teco. Jaiver Arnulfo López  
Métrologo Laboratorio de Metrología

Teco. Francisco Adolfo Durán  
Métrologo Laboratorio de Metrología

UMPC-12747-0113

**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

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-006 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 1

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	87140
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	006-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	3/8 in.
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-50 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRET A FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03

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 los datos 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 Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

  
**Teog. Jaiver Arnulfo López**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

  
**Teog. Francisco Adelfo Durán**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LAB-02/2019/015

**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

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-007 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág. 1 de 1

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	87335
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identifier</i>	007-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	No. 4
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MÉCANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-50 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25

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 relate 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.

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

03

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 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 Certificado***Signatures Authorizing the Certificate*

  
 Teog. Javier Arnulfo López  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

  
 Teog. Francisco Adolfo Durán  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**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 - 377 423 3640  
 www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-008 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 of 1

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	88373
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	008-L-A&C-2020
<b>Masa</b> <i>Mass</i>	Nº. 10
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25

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.

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

03

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 secan 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 Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

**Tceg. Javier Arnulfo López**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Tceg. Francisco Adolfo Durán**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

Métro-01-01-0113

**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

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-009 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Page 1 de 3

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial number</i>	70222
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal identifier</i>	009-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	No. 20
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 20
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03

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 o informar, excepto cuando se reproduce en su totalidad, sin que comprometa la seguridad que los datos 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 Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**Teog. Jaiver Arnulfo López**  
Métrologo Laboratorio de Metrología

**Teog. Francisco Adelfo Durán**  
Métrologo Laboratorio de Metrología

LMP-02-01-011

**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 - 25 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 3) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-010 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 1

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial number</i>	67638
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal identification</i>	010-LA&C-2020
<b>Matilla</b> <i>Mesh</i>	No. 40
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-50 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 21
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25

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 refers 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.

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

03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se podrá reproducir el informe, excepto cuando se reproduzca en su totalidad, ya que garantiza la seguridad que los datos 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 Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

**Teog. Jaiver Arnulfo López**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Teog. Francisco Adolfo Durán**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LAB-2023-01-01-010

**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 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-28217-011 R0**

Page / Pág 1 de 2

<b>Equipo</b> <small>Instrument</small>	TAMIZ 8 in.
<b>Fabricante</b> <small>Manufacturer</small>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <small>Model</small>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <small>Serial Number</small>	74751
<b>Identificación Interna</b> <small>Internal Identification</small>	011-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <small>Mesh</small>	No. 60
<b>Solicitante</b> <small>Customer</small>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <small>Address</small>	NRD. M-03 INT. L-58 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <small>City</small>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <small>Date of calibration</small>	2023 - 01 - 21
<b>Fecha de Emisión</b> <small>Date of issue</small>	2023 - 01 - 25
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	03

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 related 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 preserva la seguridad que los datos 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 preserves the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan Certificado**  
Signatures Authorizing the Certificate

Teog. Jóliver Arnulfo López  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

Teog. Francisco Adolfo Durán  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**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

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-012 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 2

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	TAMIZ Ø in.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	GRANOTEST
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	79244
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	012-L-A&C-2020
<b>Malla</b> <i>Mesh</i>	No. 140
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	CHICLAYO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2023 - 01 - 21
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2023 - 01 - 25

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.

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

03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que compromete la seguridad que su parte del certificado no se caigan 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 prevails the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Uncertified calibration certificates are not valid.

**Firmas que Autorizan Certificado**  
*Signatures Authorizing the Certificate*

Teo. J. Arnullo López  
 Métrlogo Laboratorio de Metrología

Teo. Francisco Adelfo Durán  
 Métrlogo Laboratorio de Metrología

LAB-001-01-01-001

**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 BOGOTÁ 1903 2011  
11 JUL 2024

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-28217-013 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page 1 of 1

**Equipo** TAMIZ 8 in. PARA LAVADO**Fabricante** PINZUAR**Modelo** GRANOTEST**Número de Serie** 01001**Identificación Interna** 013-L-A&C-2023**Malla** No. 200**Solicitante** A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y  
MECANICA DE SUELOS SRL**Dirección** NRO. M-03 INT. L-59 P.J. SAUL CANTORAL  
(FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRETA  
FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO -  
CHICLAYO**Ciudad** CHICLAYO**Fecha de Calibración** 2023 - 01 - 21**Fecha de Emisión** 2023 - 01 - 20**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 03

sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que compromete la seguridad que los datos del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración en tinta 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 data of the certificate are not taken out of context. Unprinted calibration certificates are not valid.

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.

**Firmas que Autorizan Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**Teog. Jaiver Arnulfo López**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

**Teog. Francisco Adelfo Durán**  
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LAB-001/2021-0115

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

Fuerza | Longitud | Masa | Par torsional | Presión | Temperatura





# PERUTEST S.A.C.

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

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 067 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 1

1. Expediente	2637-2023
2. Solicitante	A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SRL
3. Dirección	NRO. M-03 INT. L-59 P.I. SAUL CANTORAL (FRENTE GRIFO ROSARIO-CARRET.A FERRENAFE) LAMBAYEQUE - CHICLAYO -
4. Equipo	PRENSA DE ENSAYO MARSHALL
Capacidad	50 kN
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STM-5
Número de Serie	10122
Procedencia	PERU
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	0.01 kN
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2023-06-15

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

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

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

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

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-06-15

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



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

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

# Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE

Laboratorio Temperatura Código N° E2431-4045A-2021-1a  
 Laboratory Temperature Code N°

ISO / IEC 17025


Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the ítem described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí descrito o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado, por favor escribir a:

consultacertificados@lojusto.com (es imprescindible adjuntar una imagen del certificado). [This certificate is issued electronically. If there is any doubt, in the veracity of this certificate, please write to: consultacertificados@lojusto.com (it is essential to attach an image of the certificate).]

- |  |  |
|--|--|
| a. Solicitante:<br>Applicant                           | A & C EXPLOR GEOTECNICA MECAN SUELOS SRL   |
| b. Dirección solicitante:<br>Applicant address         | Nro. M-03 Int. L-59 P.J. Saul Cantoral - Chiclayo - Lambayeque - Perú  |
| c. Instrumento de medida:<br>Measuring instrument      | Medidor de Condiciones Ambientales de Temperatura y Humedad en Aire  |
| d. Marca:<br>Manufacturer / Brand                      | BOECO  |
| e. Modelo:<br>Model                                    | SH-110   |
| f. Número de serie:<br>Serial Number:                  | No indica  |
| g. Identificación:<br>Internal code                    | No indica  |
| h. Lugar de calibración:<br>Calibration Place          | Laboratorio de Temperatura LO JUSTO S.A.C.   |
| i. Fecha de calibración:<br>Calibration Date           | 2021-10-18 al 2021-10-21   |
| j. Supervisor de Laboratorio:<br>Laboratory Supervisor | Fuentes Velasquez Alexander R.<br>Supervisor de Laboratorio<br>Laboratory Supervisor   |
| k. Signatario autorizado:<br>Authorized signatory      | <br>Jose Luis Rosales Baavedra<br>LO JUSTO S.A.C.<br>Supervisor de Operaciones<br>controloperaciones@lojusto.com<br>Fecha: 20/11/2021 11:57<br>Firmado con www.itccpu.pe |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.  
 Certificados sin firma digital carecen de validez.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

258-CT-T-2021

Área de Metrología

Página 1 de 2

<b>Expediente</b>	:	836-10-2021	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
<b>Solicitante</b>	:	A & C EXPLOR GEOTÉCNICA MECAN SUELOS S.R.L.	
<b>Dirección</b>	:	Nro. M-03 Int. L-59 P.J. Saul Cantoral - Chiclayo - Lambayeque - Perú	
<b>Equipo/ Instrumento</b>	:	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL	
<b>Marca</b>	:	ThermoLab	
<b>Modelo</b>	:	TP101	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.
<b>Serie</b>	:	No indica	
<b>Identificación</b>	:	093-TT (*)	
<b>Ubicación</b>	:	No indica	
<b>Procedencia</b>	:	Alemania	Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad
<b>Intervalo de indicación</b>	:	-50 °C a 300 °C (**)	
<b>Resolución</b>	:	0,1 °C	CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>Elemento Sensor</b>	:	No indica	
<b>Fecha de calibración</b>	:	2021-10-14 al 2021-10-15	
<b>Lugar:</b>	:	Laboratorio 01 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. Jr. Chiclayo Nro. 489, Int A - Rimac - Lima	
<b>Método utilizado:</b>	:	Por comparación directa siguiendo el procedimiento INDECOP-SNM PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" (2da Edición Diciembre 2012).	



2021-10-19  
Fecha de emisión



ALVARO NAVARRO ANGEL  
GUSTAVO  
CORPORACION 2M N S.A.C.  
JEFE DE METROLOGIA  
logistica@2myn.com  
Fecha: 19/10/2021 16:00  
Firmado con www.focapet



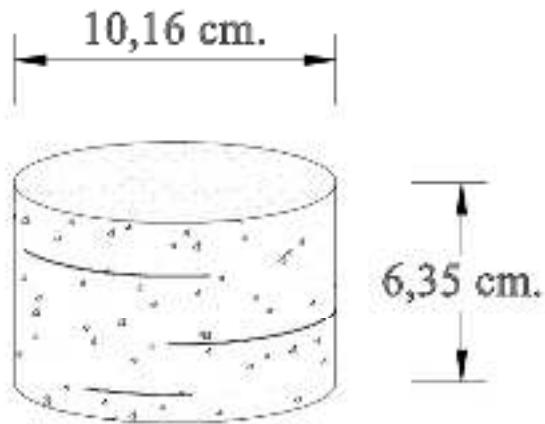
VELAZCO NAVARRO ARIVAN  
ARACELI  
CORPORACION 2M N S.A.C.  
GERENTE GENERAL  
logistica@2myn.com  
Fecha: 20/10/2021 02:11  
Firmado con www.focapet

Cód. de Servicio: 01283-A

Cód. FT-T-01 Rev. 04

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.  
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf: (01) 381-8230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209  
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

## Anexo 7: Briqueta de asfalto.



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- H = 2 1/8 plg.
- Ø = 4 plg.
- Pese = 1200 g.

### UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

TÍTULO: "Influencia de la escala metalúrgica en las propiedades mecánicas del pavimento flexible, asf."

ÁREA: Ingeniería de Asfalto

ASIGNATURA: Curso Avanzado Mecánica de Fluidos

ALUMNO: María Antonia Acosta Flores

LABORATORIO:

**A-01**

FECHA:

11/09

PERIODO:

III/2010 - 2010

## Anexo 8: Informe de Laboratorio.



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos  
-Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com    ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

*"INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023"*

*TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL*

**AUTOR:**

Bach. Cesar Augusto Moncayo Ylma.

**FECHA:**

Junio - 2023



## Anexo 9: Ensayo de materiales para mezclas asfálticas en calientes



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

<b>METODO DE ENSAYO ABSORCION</b>																					
<b>ASTM -C 128</b>																					
PROYECTO	INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXI 2023																				
OBJETIVO	TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENERO CIVIL																				
AUTOR	MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID 00000001 - 5686 -4834)																				
MUESTRA	ARENA PAR FABRICACION MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE																				
CERTIFICADO	AYC- 044 - 23      FECHA : 21/06/23																				
<p><b>ARENA DE LA CANTERA TRES TOMAS PARA FABRICACION DE MEZCLAS ASFALTICAS</b></p> <table border="1"><thead><tr><th>ESPECIMEN N°</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>PESO SECO, Ws (Kg)</td><td>232.18</td><td>238.8</td><td>268.2</td></tr><tr><td>PESO SATURADO, Ww (Kg)</td><td>234.78</td><td>241.44</td><td>271.03</td></tr><tr><td>ABSORCION, (%)</td><td>1.12%</td><td>1.11%</td><td>1.00%</td></tr><tr><td>ABSORCION PROMEDIO, (%)</td><td colspan="3">1.094%</td></tr></tbody></table>		ESPECIMEN N°	1	2	3	PESO SECO, Ws (Kg)	232.18	238.8	268.2	PESO SATURADO, Ww (Kg)	234.78	241.44	271.03	ABSORCION, (%)	1.12%	1.11%	1.00%	ABSORCION PROMEDIO, (%)	1.094%		
ESPECIMEN N°	1	2	3																		
PESO SECO, Ws (Kg)	232.18	238.8	268.2																		
PESO SATURADO, Ww (Kg)	234.78	241.44	271.03																		
ABSORCION, (%)	1.12%	1.11%	1.00%																		
ABSORCION PROMEDIO, (%)	1.094%																				
Observaciones:	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>																				
<p style="text-align: center;"> A&amp;C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L. <b>Cristian Miguel Arranategui Divara</b> INGENIERO SUPERVISOR REG. CIP. N° 174131</p>																					





## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

### METODO DE ENSAYO ABSORCION

ASTM -C 128

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
OBJETIVO : TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
AUTOR : MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID 00000001 - 5686 -4834)  
MUESTRA : PIEDRA PAR FABRICACION MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
CERTIFICADO : AYC- 046 - 23 FECHA : 21/06/23

#### PIEDRA DE LA CANTERA TRES TOMAS PARA FABRICACION DE MEZCLAS ASFALTICAS

ESPECIMEN N°	1	2	3
PESO SECO, Wd (Kg)	400.1	402.5	418.3
PESO SATURADO, Ws (Kg)	404.00	406.50	422.38
ABSORCION, (%)	0.97%	0.99%	0.98%
ABSORCION PROMEDIO, (%)	0.982%		

Observaciones:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

*Cristhian Miguel Arroyave*  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CEP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

**EQUIVALENTE DE ARENA**  
**ASTM - D2419**

TESIS : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.  
OBJETIVO : TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
UTOR : MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID - 00000001 5686 - 48341)  
USO : ARENA PARA FABRICACION DE MEZCLAS ASFALTICAS  
CANTERA : TRES TOMAS  
FECHA : 22/06/2023

Tamaño Máximo mm.	4.75	4.75		
Muestra N°	M - 1	M - 2		
Hora de Entrada	9.30	9.35		
Hora de Salida	9.40	9.45		
Hora de Entrada	10.00	10.10		
Hora de Salida	10.20	10.30		
Altura máx. del mat. Fino cm.	5.7	5.6		
Altura máx. de la Arena cm.	3.5	3.5		
Equivalente de Arena	<b>61.4</b>	<b>62.5</b>		
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO :	<b>62.0 %</b>			

OBSERVACIONES :

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristian Miguel Arrunategui Brouse  
INGENIERO SUPERIOR  
RUC. CIP. N° 174575



## LÍMITE DE ATTERBERG (NTP 339-129 / ASTM - D423)

Certificado	GAB - C - 28
Revisión	00
Fecha	21/06/2023
Página	01 de 01

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
**OBJETIVO** : TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
**AUTOR** : MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO ( ORCID-00000001-5686 4834)  
**MATERIAL** : PASANTE LA MALLA 200  
**USO** : ARENA PARA MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 21/06/2023                      MUESTRA: M - 01                      CODIGO DE LABORATORIO: A&C - L - 006 - GAFIR - 006

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	N° de Tara	6	71	28	---
N° de Golpes	14	22	30	---	---
Tara + Suelo húmedo	50.24	53.08	54.96	22.17	---
Tara + Suelo seco	43.25	45.95	47.53	20.56	---
Peso del Agua	6.99	7.13	7.43	1.61	---
Peso de la Tara	13.38	13.80	13.02	11.75	---
Peso del Suelo Seco	29.87	32.15	34.51	8.81	---
Porcentaje de Humedad	23.40	22.18	21.53	18.27	---



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	21.94
Límite Plástico	18.27
Índice de Plasticidad	3.66

MUESTRA	
Clasificación SUCS	
Clasificación AASHTO	

  
 ABC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arruategui Bross  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 174019



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolong. Av. Chiclayo Mz. "J" Lt "59" - Ampliación Saúl Cantoral, Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque - Perú  
Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

### CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

NTP 339.152/ MTC - E219 - 2000

TESIS : INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS  
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.  
OBJETIVO : TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
AUTOR : MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID - 00000001 5686-4834)  
MUESTRA : ARENA PARA FABRICACION DE MEZCLAS ASFALTICAS  
FECHA : 22/06/2023

CANTERA	A	B		
PROGRESIVA (Km)				
PROFUNDIDAD (m)		---		
(1) PESO DEL TARRO	24.130	99.33		
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	73.520	123.55		
(3) PESO TARRO SECO + SAL	24.143	99.336		
(4) PESO SAL ( 3 - 1 )	0.013	0.006		
(5) PESO AGUA ( 2 - 3 )	49.377	24.21		
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.0260%	0.025%		
PROMEDIO	0.0260%			

CANTERA	A	B		
PROFUNDIDAD (m)				
(1) PESO DEL TARRO				
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL				
(3) PESO TARRO SECO + SAL				
(4) PESO SAL ( 3 - 1 )				
(5) PESO AGUA ( 2 - 3 )				
(6) PORCENTAJE DE SAL				

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cesar Augusto Ylma Moncayo  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. N° 174530







# A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicaarl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

## RESISTENCIA DE ABRASION ( MAQUINA LOS ANGELES) AASHTO - T - 96 ASTM -131

<b>TESIS</b>	INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023 .
<b>OBJETIVO</b>	TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
<b>AUTOR</b>	MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID 00000001-5686 - 4834)
<b>CANTERA</b>	PIEDRA DE 3/4" TRES TOMAS- PARA FABRICACION ASFALTO EN CALIENTE
<b>FECHA</b>	22/05/2023

<b>MUESTRA N°</b>	1			
<b>GRADUACION</b>	"B"			
<b>PESO MUESTRA</b>	5000			
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"	2500			
1/2" - 3/8"	2500			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N°4 - N° 8				
<b>Total Desgaste</b>	980			
<b>Ret. N° 12</b>				
<b>500 Vueltas</b>				
<b>Ret. N° 12</b>	4020			
<b>% Desgaste</b>	19.60%			
<b>PROMEDIO</b>				

MUESTRA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
Cristian Miguel Aruategui Brown  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. N° 174530



# A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 226446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

## PESO VOLUMETRICO ASTM C 29

TESIS	:	INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023
OBJETIVO	:	TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
AUTOR	:	MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (00000001 5686- 4834)
MUESTRA	:	PIEDRA DE 3/4" PARA FABRICACION DE ASFALTO EN CALIENTE
FECHA	:	21/06/2023
CANTERA	:	TRES TOMAS

AGREGADO : ARENA

## PESO POR METRO CUBICO SUELTO ARENA (TRES TOMAS)

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M <sup>3</sup>	PROMEDIO
12407	7540	4867	3194	1524	
12552	7540	5012	3194	1569	
12266	7540	4726	3194	1480	1524

## PESO POR METRO CUBICO COMPACTADO ARENA (TRES TOMAS)

PESO MOLDE + MATERIAL <sup>9484</sup>	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M <sup>3</sup>	PROMEDIO
12861	7540	5321	3194	1666	
12856	7540	5316	3194	1664	
12847	7540	5307	3194	1662	1664

OBSERVACIONES :

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L

Cristhian Miguel Arroyaveza Jimenez  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP Nº 134230



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Profg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 58 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

### PESO VOLUMETRICO

TESIS	:	INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023
OBJETIVO	:	TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
AUTOR	:	MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (00000001 5686- 4834)
MUESTRA	:	PIEDRA DE 3/4" PARA FABRICACION DE ASFALTO EN CALIENTE
FECHA	:	21/06/2023
CANTERA	:	TRES TOMAS

AGREGADO : PIEDRA

### PESO POR METRO CUBICO SUELTO PIEDRA DE 3/4" (TRES TOMAS)

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M <sup>3</sup>	PROMEDIO
12295	7540	4755	3194	1489	
12333	7540	4793	3194	1501	
12266	7540	4726	3194	1460	1490

### PESO POR METRO CUBICO COMPACTADO PIEDRA DE 3/4" (TRES TOMAS)

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M <sup>3</sup>	PROMEDIO
12487	7540	4947	3194	1549	
12493	7540	4953	3194	1551	
12484	7540	4944	3194	1548	1549

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristian Miguel Arruategui Inza  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. OF. N° 17430

# Anexo 10: Diseño de mezclas asfálticas patrón.



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

**ENSAYO MARSHALL**  
 MTC E - 804 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
 Objetivo: TESTES PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
 Autor: MONCAYO YLMI CESAR AUGUSTO (DROC-00000001 5685-4934)  
 Material: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE Fecha: 23/06/2023

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	60.0%
Areña Zarcabasta	35.0%
Areña Chancada	5.0%
Filler	0.0%
<b>I. Suma</b>	<b>100.0%</b>
<b>C.A. (P.E.M.)</b>	<b>60.70</b>

Número de Pruebas	ÍP	1	2	3	4	Pruebas
1	% C.A. en peso de la Mezcla	4.80	4.80	4.80		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	36.20	36.20	36.20		
3	% de Areña Zarcabasta en peso de la Mezcla	57.30	57.30	57.30		
4	% de Areña Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	1.019	1.019	1.019		
7	Peso Especifico Piedra Chancada-Bull	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Areña Zarcabasta-Bull	2.670	2.670	2.670		
9	% de Areña Chancada en peso de la Mezcla	2.734	2.734	2.734		
10	Peso Especifico del Relleno-Aparente					
11	Alura Promedio de la Probeta	6.40	6.30	6.50		
12	Peso de la triqueta en el Aire	1191.8	1188.0	1190.0		
13	Peso de la triqueta Saturada	1389.2	1391.2	1392.0		
14	Peso de la triqueta en el Agua	891.0	878.0	882.0		
15	Volumen de la triqueta por desplazamiento (T3-14)	322.2	322.0	320.0		521.8
16	Peso Especifico de la Probeta (T315)	2.391	2.394	2.398		2.381
17	Peso Especifico Máximo (Real)	2.480	2.480	2.480		
18	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100(16+27+58+910)$	2.498	2.498	2.498		
19	% de Vacios $(1-16)/17*100$	7.5	7.8	7.2		7.5
20	Peso Especifico Bull del Agregado Total $(2+3+4+5)(27+58+49+510)$	2.682	2.682	2.682		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5)/16(20)$	18.0	18.3	17.8		18.1
22	% vacios llenados con C.A. $100-(21-18)/20$	58.5	57.4	58.0		58.4
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5)(100/17-16)$	2.670	2.670	2.670		
24	Flujo (0-01 mm)	3.70	3.80	3.70		3.73
25	Estabilidad en resaca	800.0	800.0	807.0		
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (25*26)	800.0	800.0	807.0		807.0
28	Indice de Rigidez (T314)	3074.1	3053.6	3280.2		3136.6
29	Relación Pulvo/Cemento					1.21
30	Número de Golpes por Daje	75	75	75		

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

*Cristóbal Miguel Arranzategui Brown*  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP Nº 170717





## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saut Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicarl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicarl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.  
 Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
 Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID-00000001 5848-4834)  
 Material: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALICAS EN CALIENTE Fecha: 23/06/2023

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcadoada	50.0%
Arena Chancada	0.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Número de Pruebas	U <sup>o</sup>	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.99	6.89	6.98	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	36.00	36.00	36.00	
3	% de Arena Zarcadoada en peso de la Mezcla	%	57.00	57.00	57.00	
4	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/m	1.019	1.019	1.019	
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	gr/m	2.700	2.700	2.700	
8	Peso Especifico Arena Chancada Bulk	gr/m	2.670	2.670	2.670	
9	Peso Especifico Arena Zarcadoada Bulk	gr/m	2.724	2.724	2.724	
10	Peso Especifico del Mez Aparente	gr/m				
11	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.30	6.40	6.30	
12	Peso de la probeta en el Aire	gr	1199.0	1200.0	1200.0	
13	Peso de la probeta Saturada	gr	1200.0	1200.0	1200.0	
14	Peso de la probeta en el Agua	gr	987.0	987.0	984.0	
15	Volumen de la probeta por desplazamiento (12-14)	cc	313.0	312.0	313.5	314.2
16	Peso Especifico de la Probeta (12-15)	gr/m	2.337	2.344	2.342	2.347
17	Peso Especifico Máximo (Frac)	gr/m	2.471	2.471	2.471	
18	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/m	2.479	2.479	2.479	
19	% de Vacíos	%	6.4	6.1	6.2	6.3
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/m	2.682	2.682	2.682	
21	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	17.2	17.0	17.0	17.1
22	% vacíos llenados con C.A.	%	68.0	68.7	68.4	68.2
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/m	2.672	2.672	2.672	
24	Flejo (2.01 mm)	cm	3.30	3.90	3.30	2.87
25	Estabilidad sin coraje	kg	996.0	1056.0	1096.0	
26	Factor de Coraje		1.00	1.00	0.98	
27	Estabilidad completa	kg	996.0	1056.0	997.4	1016.5
28	Índice de Rigidez (ITOI)	kg/mm	2434.5	3641.4	3592.3	3540.9
29	Relación Poro/Cemento	%				1.08
30	Número de Golpes por Capa		75	75	75	

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.

Chiclayo Miguel Arranzataga Torres  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP N° 124570



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Proig. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicarl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicarl.com

<b>ENSAYO MARSHALL</b>
MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 248
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>
Teste: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023 Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID-00000001 5886-4834) Material: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE <span style="float: right;">Fecha: 23/06/2023</span>

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	60.0%
Arena Zarcadoada	30.0%
Arena Chancada	1.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PDV)	80-75

Número de Pruebas	Nº	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	6.20	6.88	6.88		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	37.80	37.80	37.80		
3	% de Arena Zarcadoada en peso de la Mezcla	56.70	56.70	56.70		
4	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Agregado de C.A.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Chancada Bulk	2.670	2.670	2.670		
9	Peso Especifico Arena Zarcadoada Bulk	2.724	2.724	2.724		
10	Peso Especifico del Hilo Agregado					
11	Altura Promedio de la Probeta	6.30	6.40	6.40		
12	Peso de la Intiqueta en el Aire	1187.0	1202.8	1188.0		
13	Peso de la Intiqueta Saturada	1200.0	1204.0	1202.0		
14	Peso de la Intiqueta en el Agua	881.0	882.0	882.0		
15	Volumen de la Intiqueta por desplazamiento (13-14)	309.0	312.0	311.0		310.7
16	Peso Especifico de la Probeta (12-15)	2.362	2.348	2.348		2.348
17	Peso Especifico Máximo (Peso) ASTM D-2041	2.400	2.400	2.400		
18	Peso Especifico Máximo (Teórico)	2.401	2.401	2.401		
19	% de Vacios	4.2	4.4	4.4		4.3
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	2.882	2.882	2.882		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	17.1	17.3	17.3		17.2
22	% vacios llenados con C.A.	75.4	74.7	74.5		74.9
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	2.675	2.675	2.675		
24	Flujo (501 mm)	3.10	3.96	3.00		3.00
25	Estabilidad sin corregir	1118.0	1103.0	1144.0		
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (2726)	1118.0	1103.0	1144.0		1121.7
28	Indice de Rigidez (2724)	3600.0	3603.4	3613.3		3738.9
29	Relación Filler/Cemento	%				0.67
30	Número de Golpes por Capa	75	75	75		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arranzategui Bracco  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP Nº 174070



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Carreteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mc. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 226446 Rpm 976175503  
 aycexploraciongeotecnicarlf@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicarlf.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 240

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**Teste:** INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
**Objetivo:** TESTE PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
**Autor:** MONCAYO YUMA CESAR AUGUSTO (ORCID:0000000156864834)  
**Materia:** DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE **Fecha:** 23/06/2023

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Zarcadoada	50.0%
Arena Chancada	5.0%
Filer	0.0%
Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-75

Número de Prueba	Nº	1	2	3	4	Promedio
1	% N.C.A. en peso de la Mezcla	45.00	45.00	45.00		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	37.40	37.40	37.40		
3	% de Arena Zarcadoada en peso de la Mezcla	56.40	56.40	56.40		
4	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
5	% de Filer en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	2.670	2.670	2.670		
9	Peso Especifico Arena Zarcadoada-Bulk	2.724	2.724	2.724		
10	Peso Especifico del Mez Aparente					
11	Altura Promedio de la Probeta	6.30	6.30	6.40		
12	Peso de la Integrete en el Aire	1291.0	1197.0	1289.0		
13	Peso de la Integrete Saturada	1223.0	1198.0	1269.0		
14	Peso de la Integrete en el Agua	668.0	668.0	668.0		
15	Volumen de la Integrete por desplazamiento (13-14)	813.0	811.0	814.0		812.7
16	Peso Especifico de la Probeta (12-13)	2.341	2.342	2.338		2.339
17	Peso Especifico Maximo (Peso) ASTM D-2041	2.437	2.437	2.437		
18	Peso Especifico Maximo (Teórico) $100(16+27+38+5)/10$	2.443	2.443	2.443		
19	% de Vacios $(21-16)/7*100$	3.5	3.5	3.8		3.8
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5)(27+38+49+5)/10$	2.662	2.662	2.662		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100(2+3+4+5)/1620$	17.8	17.8	18.2		18.0
22	% vacios llenado con C.A. $100(21-19)/10$	20.3	20.0	19.1		19.8
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5)(100/17-146)$	2.662	2.662	2.662		
24	Flujo (21/2) mm	2.94	2.94	3.07		2.98
25	Estabilidad en congebr	1077.0	1057.0	1022.0		
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad congebr (25/26)	1077.0	1057.0	1022.0		1052.0
28	Indice de Rigidez (27/24)	3730.6	3598.3	3329.0		3551
29	Relacion Póvo/Cemento	%				0.91
30	Número de Golpes por Capa	75	75	75		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L

Cristhian Miguel Armasatruqui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 I.S.C. C.R. N° 274231





**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 53 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicarl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicarl.com

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>	
Fecha: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.	
Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.	
Autor: MONICAYO YUMA CESAR AUGUSTO	
Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE Fecha: 25/04/2023	
MEZCLA ASFALTICA SIN ESCORIA	

**COMBINACIONES - MEZCLA ASFALTICA CALIENTE**

Tam. (mm)	Aperturas (%)	Piedra Chancada 3/4"	Arena Zarcado 1/4"	Cal (Filler)	Total %	Especificaciones		OBSERVACIONES
						MAC 2	VARIACION PERMISIBLE	
<b>% Combinaciones</b>								
3"	75.000							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.000							
1"	30.000							
3/4"	19.000		100.0		100.0	100	100	
1/2"	12.000		69.2		69.2	80 - 100	80.3 - 86.2	
3/8"	8.500		50.0		50.0	70 - 85	67.0 - 77.0	
1/4"	4.750	2.4	86.0		86.0	91 - 95	83.0 - 89.0	
Nº5	2.980		70.0		70.0	78 - 92	74.0 - 80.0	% Agregado
Nº10	2.000	0.0	70.0		70.0	78 - 92	74.0 - 80.0	% Grava 42.0
Nº20	0.850							% Arena 55.0
Nº40	0.425		40.0		40.0	77 - 85	77.0 - 87.0	% Fina 3.2
Nº60	0.300							
Nº80	0.250							
Nº100	0.180		20.0		20.0	8 - 17		
Nº150	0.100							
Nº200	0.075		8.7		8.7	4.8	4.7 - 6.2	
PASA								



A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristóbal Manuel Armatovski Briles  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP Nº 174631



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

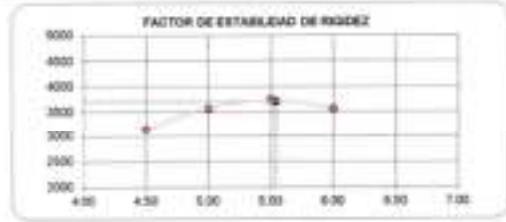
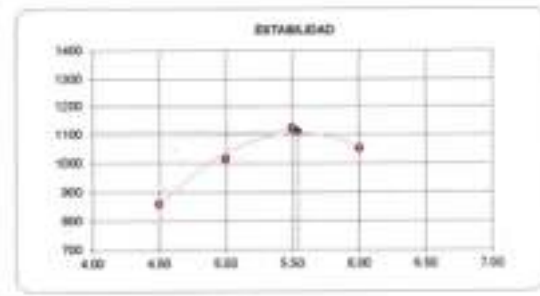
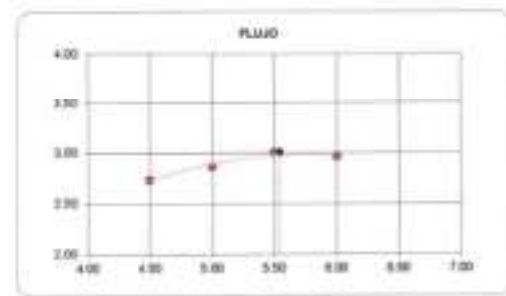
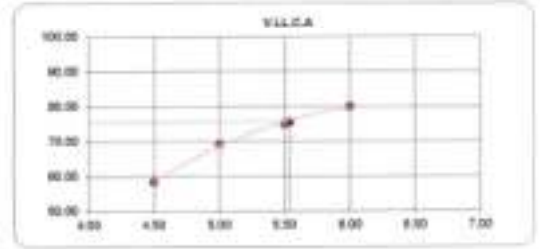
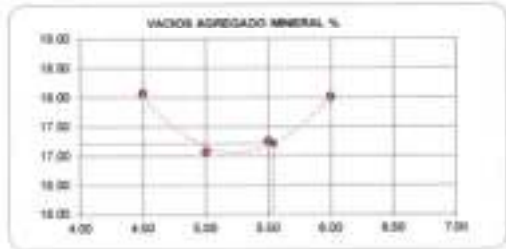
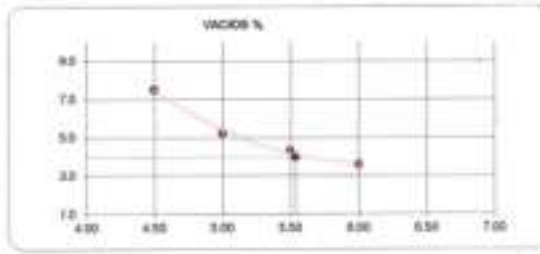
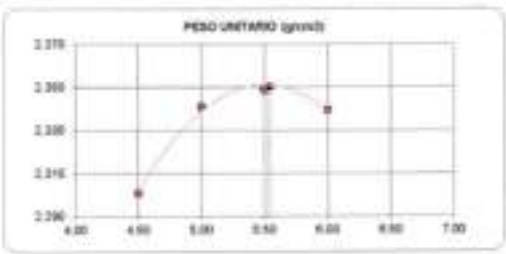
- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

**ENSAYO MARSHALL**  
 MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

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

**Título:** INFLUENCIA DE LA ESCORA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
**Objetivo:** TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
**Autor:** MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID:00000001 5695-4834)  
**Materia:** DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE **Fecha:** 22/06/2023



RESULTADOS OBTENIDOS		ESPEC.	RESULTADOS OBTENIDOS		ESPEC.
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	5.54	-	FLUJO (mm)	2.8	3-4
CAL. HIDRATADA OPTIMA (%)	9.6	-	ESTABILIDAD (kg)	1108	MIN 815
PESO UNITARIO (gr/cm³)	2.269	-	ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	387	170 - 400
VACIOS (%)	4.0	3-5			

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Armasoqui  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 1711

# Anexo 11: Diseño de mezclas asfálticas en caliente con 5% escoria metálica



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo, Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

**ENSAYO MARSHALL**  
 MTC E- 304 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

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

**Título:** INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.  
**Objetivo:** TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.  
**Autor:** MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (DPOD-00000001 5686-6636)  
**Materia:** DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE **Fecha:**  
 5% Escoria Metálica

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Escoria Metálica	5.0%
Filler	0.0%
Σ Sema	100.0%
C.A. (PMA)	60.75

Número de Pruebas	UF	1	2	3	4	Observación
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.88	4.88	4.88		
2 Nudo Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	38.20	38.20	38.20		
3 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.53	52.53	52.53		
4 % Escoria Metálica	%	4.78	4.78	4.78		
5 % de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6 Peso Específico Aparente de C.A.	gr/cc	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Específico Piedra Chancada Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700		
8 Peso Específico Arena Zarandeada Bulk	gr/cc	2.670	2.670	2.670		
9 Peso Específico Escoria Metálica-Aparente	gr/cc	6.47	6.470	6.470		
10 Peso Específico del Sólido Aparente	gr/cc					
11 Altura Promedio de la Prueba	cm	6.40	6.36	6.50		
12 Peso de la biquete en el Aire	gr	1197.0	1188.0	1201.0		
13 Peso de la biquete saturada	gr	1189.0	1201.0	1200.0		
14 Peso de la biquete en el Agua	gr	870.0	883.0	881.0		
15 Volumen de la biquete por desahucamiento (13-14)	c.c.	318.0	318.0	321.0		319.3
16 Peso Específico de la Prueba (12/15)	gr/cc	3.306	3.318	3.306		3.308
17 Peso Específico Máximo (Rise)	gr/cc	2.482	2.482	2.482		
18 Peso Específico Máximo (Tamino): 100(1/6+2/7+3/8+5/10)	gr/cc	2.588	2.588	2.588		
19 % de Vacíos: (1-18)/17*100	%	7.1	6.7	7.7		7.0
20 Peso Específico Bulk del Agregado Total (3+4+5)(37+38+49+510)	gr/cc	2.703	2.703	2.703		
21 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral 100(2+3+4+5)/1620	%	20.3	20.0	20.3		20.3
22 % vacíos llenados con C.A. 100(21-18/21)	%	85.1	86.3	85.0		85.5
23 Peso Específico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)(100/17-18)	gr/cc	2.862	2.862	2.862		
24 Flujo (3.01 mm)	cm	2.80	2.80	3.00		2.90
25 Estabilidad en congegr	kg	1185.0	1182.0	1180.0		
26 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
27 Estabilidad congegr (25/26)	kg	1145.0	1132.0	1180.0		1148.3
28 Índice de Rigidez (27/26)	Kg./cm	4089.3	3000.4	3000.3		3958.8
29 Relación Poro/Cemento	%					1.64
30 Número de Golpes por Capa		75	75	75		

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.**



Cristian Miguel Arzuavelegui Brindin  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 I.C. 038 89 146574



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YUMA CESAR AUGUSTO (ORCID-0000000156864836)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

Fecha: 23/07/23

3% Escoria Metalurgica

#### POERCENTAJES DE DISEÑO

Piedra Chanzada	40.0%
Arena Zarcabuda	55.0%
Escoria Metalurgica	5.0%
Filer	0.0%
[ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	89.70

Número de Pruebas	Nº	1	2	3	4	Propiedad
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	
2	Nota Piedra chanzada en Peso de la Mezcla	%	38.00	38.00	38.00	
3	% de Arena Zarcabuda en peso de la Mezcla	%	52.25	52.25	52.25	
4	% Escoria Metalurgica	%	4.75	4.75	4.75	
5	% de Filer en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.218	1.218	1.218	
7	Peso Especifico Piedra Chanzada Bulk	gr/cc	2.733	2.700	2.700	
8	Peso Especifico Arena Chanzada Bulk	gr/cc	2.870	2.870	2.870	
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica-Aparente	gr/cc	5.475	5.470	5.470	
10	Peso Especifico del Sier Aparente	gr/cc				
11	Alfura Promedio de la Probeta	cm	6.50	6.40	6.50	
12	Peso de la briqueta en el Aire	gr	1202.0	1202.0	1199.0	
13	Peso de la briqueta saturada	gr	1200.0	1204.0	1200.0	
14	Peso de la briqueta en el Agua	gr	887.0	880.0	880.0	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (13-14)	cc	313.0	314.0	313.0	313.3
16	Peso Especifico de la Probeta (12-15)	gr/cc	2.328	2.326	2.327	2.328
17	Peso Especifico Máximo (Real)	gr/cc	2.475	2.475	2.475	
18	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc	2.545	2.545	2.545	
19	% de Vacios (5-16)(17)*100	%	5.5	5.5	5.6	5.5
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)(27+28+49+510)	gr/cc	2.783	2.783	2.783	
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral 100-(2+3+4+5)*100/20	%	16.6	16.6	16.7	16.6
22	% vacios llenados con C.A. 100(21-19)(21)	%	72.0	71.9	71.7	71.8
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)(100/17-18)	gr/cc	2.877	2.877	2.877	
24	Flujo (G/E) (cm)	cm	3.10	3.20	3.10	3.13
25	Estabilidad sin separar	kg	1286.0	1270.0	1284.0	
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	
27	Estabilidad corregida (25/26)	kg	1286.0	1279.8	1284.0	1286.0
28	Indice de Rigidez (27/26)	kg/cm	4100.8	3980.9	4141.9	4100.3
29	Relacion PulvoCemento	%				1.34
30	Número de Golpes por Capa		75	75	75	

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.

Christian Miguel Armatoguy Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 C.E.I. C.T.P. Nº 274510





## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTG 2 - 804 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Tema: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID:0000000156864834)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

Fecha: 23/8/23

5% Escoria Metalúrgica

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcabuda	55.0%
Escoria Metalúrgica	5.0%
Filer	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PMA)	44-70

Número de Pruebas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	37.80	37.80	37.80		
3 % de Arena Zarcabuda en peso de la Mezcla	%	51.90	51.90	51.90		
4 % Escoria Metalúrgica	%	4.73	4.73	4.73		
5 % de Filer en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc	2.730	2.700	2.700		
8 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc	2.670	2.670	2.670		
9 Peso Especifico Escoria Metalúrgica Aparente	gr/cc	6.470	6.470	6.470		
10 Peso Especifico del Mez-Aparente	gr/cc					
11 Altura Promedio de la Probeta	cm	6.30	6.40	6.50		
12 Peso de la triqueta en el Aire	gr	1.080.0	1.051.0	1.080.0		
13 Peso de la triqueta Saturada	gr	1.080.0	1.056.0	1.050.0		
14 Peso de la triqueta en el Agua	gr	881.0	880.0	880.0		
15 Volumen de la triqueta por desplazamiento (13-14)	c.c.	508.0	512.0	510.0		816.3
16 Peso Especifico de la Probeta (13-15)	gr/cc	2.354	2.346	2.351		2.350
17 Peso Especifico Máximo (Paso ASTM D-2041)	gr/cc	2.455	2.455	2.455		
18 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc	2.525	2.525	2.525		
19 % de Vacíos (1-18)/(17-18)	%	4.1	4.5	4.3		4.3
20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total (3+4+5)/(27+38+49+518)	gr/cc	2.783	2.783	2.783		
21 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mixto (19-20)/(21-18)	%	18.5	18.5	18.5		18.6
22 % vacíos Remidos con C.A. 100*(21-18)/(21)	%	78.8	77.8	78.4		79.2
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (3+4+5)/(100(17-18))	gr/cc	2.675	2.675	2.675		
24 Flujo (2-0) mm	cm	3.00	3.30	3.70		3.20
25 Estabilidad sin viraggi	kg	1383.0	1309.0	1373.0		
26 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
27 Estabilidad viraggi (25-26)	kg	1383.0	1309.0	1373.0		1361.7
28 Índice de Rigidez (27/24)	kg/mm	4521.8	4027.3	4428.0		4255.3
29 Relación Pólv./Cemento	%					1.18
30 Número de Golpes por Capa		75	75	75		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arroyavega Daza  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIE Nº 174517



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Carreteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saúl Cantoral Telf. 074 - 228448 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicarlf@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicarlf.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 804 - ASTM D 1559 - AASHTO T 248

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2021

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (DRCID-00000001 5686-4834)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 3% Escoria Metalúrgica

Fecha: 23/05/23

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcada	35.2%
Escoria Metalúrgica	5.0%
Filler	2.0%
Suma	100.0%
C.A. (PWN)	88-75

Número de Pruebas		1°	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	4.80	4.80	4.80	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	37.80	37.80	37.80	
3	% de Arena Zarcada en peso de la Mezcla	%	51.70	51.70	51.70	
4	% Escoria Metalúrgica	%	4.70	4.70	4.70	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700	
8	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
9	Peso Especifico Escoria Metalúrgica Aparente	gr/cc	6.470	6.470	6.470	
10	Peso Especifico del Filler Aparente	gr/cc				
11	Alta Promedio de la Probeta	cm	8.30	8.30	8.30	
12	Peso de la botiqueta en el Aire	gr	1180.0	1180.0	1180.0	
13	Peso de la botiqueta Saturada	gr	1180.0	1180.0	1180.0	
14	Peso de la botiqueta en el Agua	gr	881.0	880.0	881.0	
15	Volumen de la botiqueta por desplazamiento (13-14)	c.c.	308.0	311.0	310.0	309.7
16	Peso Especifico de la Probeta (12-13)	gr/cc	2.354	2.344	2.349	2.349
17	Peso Especifico Máximo (línea) ASTM D-2041	gr/cc	2.427	2.427	2.427	
18	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc	2.506	2.506	2.506	
19	% de Vacíos	%	3.0	3.4	3.2	3.2
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc	2.760	2.760	2.760	
21	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	19.9	20.3	20.1	20.1
22	% vacíos llenados con C.A.	%	85.0	83.0	84.0	84.7
23	Peso Especifico Eléctrico del Agregado Total	gr/cc	2.862	2.862	2.862	
24	Flujo (Ø 1 mm)	cm	3.90	3.00	3.00	2.87
25	Estabilidad sin corregr	kg	1337.0	1325.0	1308.0	
26	Factor de Estabilidad		1.04	1.00	1.00	
27	Estabilidad corregida	gr	1380.0	1325.0	1308.0	1347.2
28	Índice de Rigidez	kg/cm	4794.0	4416.7	4380.0	4511
29	Relación Filler/Comando	%				1.17
30	Número de Golpes por Carga		75	75	75	

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristian Miguel Antezategui-Irujo  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CTR. Nº 176110



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecanica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Recturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 226446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

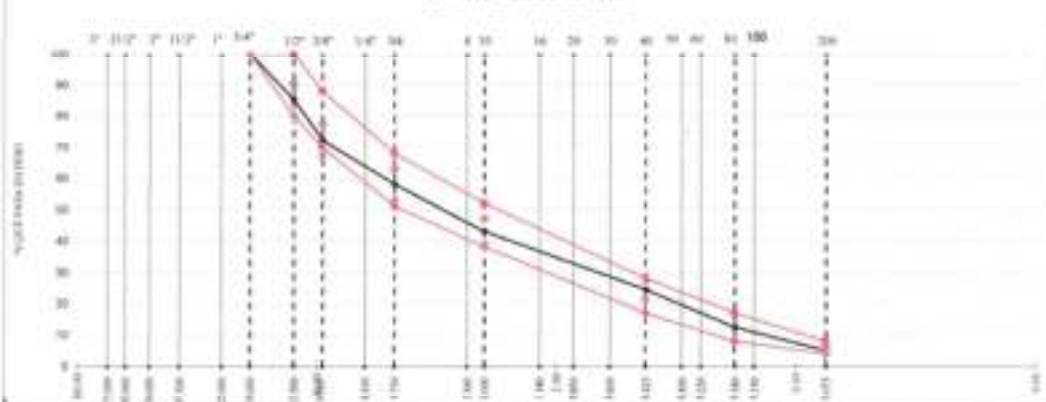
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Tema: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
 Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL  
 Autor: MÓNICA YUMA CESAR AUGUSTO  
 Modalidad: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE Fecha: 03/06/2023  
 En Escuela Metalúrgica

**COMBINACIONES - MEZCLA ASFALTICA CALIENTE**

Tipo	Espesor (cm)	Piedra Chanzada 24"	Arena Zarandeada 54"	Escoria Metalurgica	Cal (Filler)	Total %	Especificaciones		OBSERVACIONES
							MAC 2	VARIACION PERMISIBLE	
<b>% Combinaciones</b>									
3"	75.000		55	5	5	100			
2 1/2"	60.000								
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000								
3/4"	18.750	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80 - 100	40.0 - 100.0	
3/8"	9.375	30.0	100.0	100.0	100.0	100.0	10 - 30	37.0 - 77.0	
1/4"	6.250								
1/8"	3.125	1.0	50.0	50.0	100.0	100.0	10 - 100	10.0 - 100.0	
1/16"	1.562	0.5	70.0	50.0	100.0	100.0	10 - 100	10.0 - 100.0	% Agregado
1/32"	0.781								% Grava 40.0
1/64"	0.390								% Arena 10.0
1/128"	0.195		40.0	37.0	100.0	100.0	10 - 100	10.0 - 100.0	% Fina 0.1
1/256"	0.097								
1/512"	0.049		20.0	10.0	100.0	100.0	0 - 10		
1/1024"	0.024								
1/2048"	0.012		0.1	0.1	100.0	100.0	0.0 - 0.1	0.0 - 0.1	
PASA									

**CURVA GRANULOMETRICA**



A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arruategui Brown  
 INGENIERO SUPERIOR  
 REG. CTR. Nº 174170





## A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicarld@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicarld.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1558 - AASHTO T 240

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

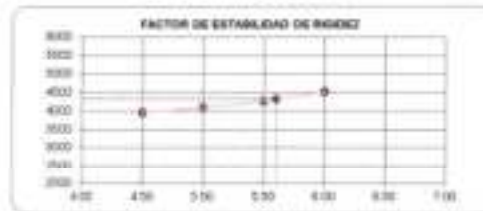
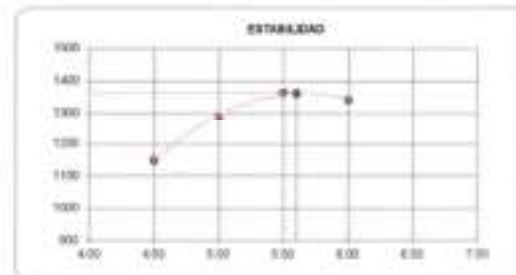
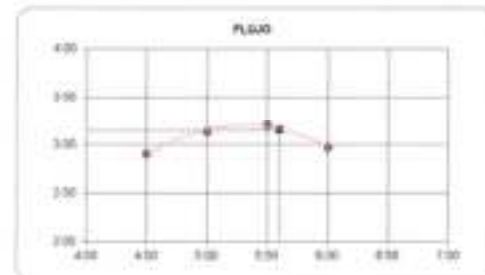
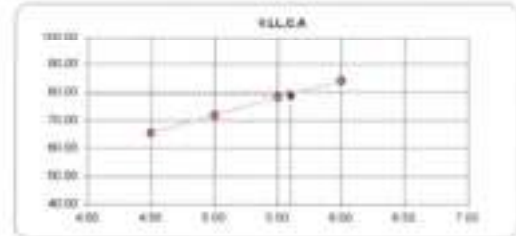
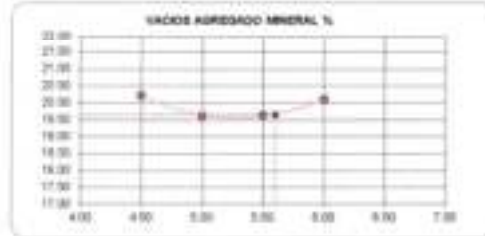
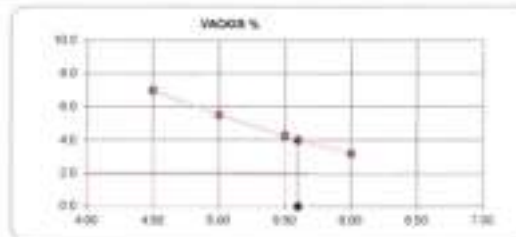
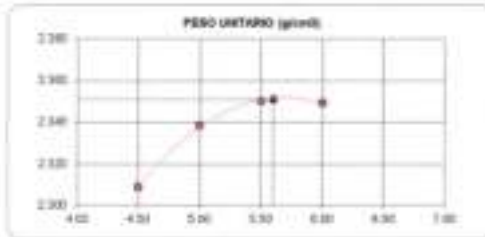
Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID-0000000156954824)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 3% Escoria Metalúrgica

Fecha: 22/09/23



RESULTADOS OBTENIDOS	ESPEC.	RESULTADOS OBTENIDOS	ESPEC.
ÓPTIMO CONTENIDO C.A (%)	5.00	FLUJO (mm)	3.3
CAL HORATADA (ÓPTIMA %)	5.0	ESTABILIDAD (kg)	1361
PESO UNITARIO (gr/cm³)	2.261	ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm²)	4021
VACÍOS (%)	4.8		
V.M.A (%)	18.7		

A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.

*César Miguel Armasatari Bouch*  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 RNE: C09 M 1745171

## Anexo 12: Diseño de mezclas asfálticas en caliente con 8% escoria metálica



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Canteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 804 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Título:** INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023.  
**Objetivo:** TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
**Autor:** MONCAYO YLAN CESAR AUGUSTO (DICO-0000001 3698-6534)  
**Materia:** DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
**Fecha:** 24/06/23  
**8% escoria Metálica**

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	92.0%
Arena Zarcaborda	52.0%
Escoria Metálica	8.0%
Fibra	0.0%
T Bata	100.0%
C.A. (PEN)	80-70

Número de Pruebas	1*	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.88	4.88	4.88	
2 Sub Piedra Chancada en Peso de la Mezcla	%	38.20	38.20	38.20	
3 % de Arena Zarcaborda en peso de la Mezcla	%	49.96	49.96	49.96	
4 % Escoria Metálica	%	7.94	7.94	7.94	
5 % de Fibra en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7 Peso Especifico Piedra Chancada-Bata	gr/cc	2.700	2.700	2.700	
8 Peso Especifico Arena Zarcaborda-Bata	gr/cc	2.870	2.870	2.870	
9 Peso Especifico Escoria Metálica-Aparente	gr/cc	6.47	6.470	6.470	
10 Peso Especifico del Fibra-Aparente	gr/cc				
11 Abuso Promedio de la Probeta	mm	6.40	6.60	6.40	
12 Peso de la bitúmena en el Aire	gr	1.060.0	1.052.0	1.050.0	
13 Peso de la bitúmena Saturada	gr	1.187.0	1.233.0	1.222.0	
14 Peso de la bitúmena en el Agua	gr	679.0	660.0	660.0	
15 Volumen de la bitúmena por desplazamiento (0.3-14)	cc	216.0	220.0	218.0	218.0
16 Peso Especifico de la Probeta (0.316)	gr/cc	2.815	2.812	2.812	2.812
17 Peso Especifico Máximo (Fines)	gr/cc	2.402	2.402	2.402	
18 Peso Especifico Máximo (Tándem)	gr/cc	2.808	2.808	2.808	
19 % de Vacíos (0.16/17*100)	%	6.7	6.9	6.8	6.8
20 Peso Especifico Bata del Agregado Total	gr/cc	2.815	2.815	2.815	
21 % V.M.A. Vacíos del Agregado Múltiple	%	21.8	21.8	21.8	21.8
22 % Vacíos llenados con C.A.	%	68.6	68.2	68.2	68.3
23 Peso Especifico Eléctrico del Agregado Total	gr/cc	2.862	2.862	2.862	
24 Flujo (0.01 mm)	mm	2.70	2.80	3.00	2.83
25 Estabilidad sin correje	Kg	1261.0	1273.0	1260.0	
26 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
27 Estabilidad corregida (0.738)	Kg	1261.0	1273.0	1260.0	1261.3
28 Índice de Flujado (0.704)	Kg/mm	4633.3	4546.4	4300.0	4457.8
29 Relación Puro/Carbón	%				0.76
30 Número de Golpes por Cazo		75	75	75	

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
César Miguel Amador Quiroz  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. N° 134510



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228445 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicarsl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicarsl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2021.

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YUMA CESAR AUGUSTO (ORCID:0000000195984934)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

Fecha: 24/06/21

PS score Metalurgica

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	60.0%
Arena Zarcada	32.0%
Escoria Metalurgica	5.0%
Filer	3.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PER)	60-75

Número de Pruebas	U <sup>o</sup>	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	6.89	6.99	6.99	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	38.00	38.00	38.00	
3	% de Arena Zarcada en peso de la Mezcla	%	49.40	49.40	49.40	
4	% Escoria Metalurgica	%	7.80	7.80	7.80	
5	% de Filer en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.918	1.918	1.918	
7	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700	
8	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica Aparente	gr/cc	6.470	6.470	6.470	
10	Peso Especifico del Filer Aparente	gr/cc				
11	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.30	6.90	6.40	
12	Peso de la Brújula en el Aire	gr	1198.0	1200.0	1201.0	
13	Peso de la brújula saturada	gr	1290.0	1290.0	1290.0	
14	Peso de la brújula en el Agua	gr	667.0	660.0	667.0	
15	Volumen de la brújula por desplazamiento (13-14)	cc	513.0	510.0	510.0	514.7
16	Peso Especifico de la Probeta (12/15)	gr/cc	2.330	2.334	2.328	2.332
17	Peso Especifico Máximo (Rico)	gr/cc	2.479	2.475	2.475	
18	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc	2.587	2.587	2.587	
19	% de Vacíos	%	5.6	5.7	6.0	5.8
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc	2.815	2.815	2.815	
21	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	21.2	21.2	21.4	21.3
22	% vacíos llenados con C.A.	%	73.4	73.3	72.2	72.9
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc	2.677	2.677	2.677	
24	Rayo (Ø21 mm)	cm	3.20	3.00	3.10	3.07
25	Estabilidad sin corregir	kg	1400.0	1400.0	1400.0	
26	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
27	Estabilidad corregida (Ø7.25)	kg	1400.0	1400.0	1400.0	1410.3
28	Índice de Rigidez (Ø7.25)	kg/cm	4400.0	4396.6	4520.8	4596.9
29	Relación Flujo/Cemento	%				1.80
30	Número de Golpes por Cazo		75	75	75	

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Armatoguis Bravo  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. 074 Nº 27471



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228448 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E- 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Temática: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YLAMA CESAR AUGUSTO (JORCID-00000001 2686-8836)

Materiales: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

Fecha: 24/06/23

8% escoria Metalurgica

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcabasta	52.0%
Escoria Metalurgica	6.0%
Fibra	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PERO)	49.70

Número de Pruebas	Nº	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	40.00	40.00	40.00		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	37.80	37.80	37.80		
3	% de Arena Zarcabasta en peso de la Mezcla	40.14	40.14	40.14		
4	% Escoria Metalurgica	7.56	7.56	7.56		
5	% de Fibra en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Chancada Bulk	2.670	2.670	2.670		
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica Aparente	6.470	6.470	6.470		
10	Peso Especifico del Fibra Aparente					
11	Altura Promedio de la Prueba	6.40	6.20	6.40		
12	Peso de la briqueta en el Aire	1202.0	1202.0	1202.0		
13	Peso de la briqueta Saturada	1206.0	1204.0	1202.0		
14	Peso de la briqueta en el Agua	867.0	867.0	867.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (D-14)	914.0	912.0	912.0		912.7
16	Peso Especifico de la Prueba (D-15)	2.340	2.340	2.340		2.340
17	Peso Especifico Máximo (Bulk) ASTM D 2041	2.400	2.400	2.400		
18	Peso Especifico Máximo (Teórico) 100(3+4+5)/(2+3+4+5+10)	2.560	2.560	2.560		
19	% de Vacios (1-18)/(17)*100	6.7	4.4	4.5		4.8
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)/(2+3+4+5+10)	2.815	2.815	2.815		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral 100-(1+3+4+5)/1820	21.4	21.2	21.3		21.3
22	% vacios llenados con C.A. 100-(21-19(2))	76.2	76.4	76.7		76.8
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)/(100(17-18))	2.676	2.676	2.676		
24	Fibra (D-01 mm)	0.0	0.0	0.0		0.00
25	Estabilidad sin correjido	1448.0	1454.0	1457.0		
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (D-26)	1448.0	1454.0	1457.0		1453.3
28	Índice de Rigidez (D-24)	4661.3	4276.5	5022.6		4641.7
29	Relación Pólvora/Cemento					1.28
30	Número de Golpes por Capa	75	75	75		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arranzategui Brown  
INGENIERO SUPERVISOR  
RUC: CIP N° 174137





## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (DRCID-00000001 5696-8034)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
 (E) esoria Metalurgica

Fecha: 24/06/23

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcabonada	50.0%
Escoria Metalurgica	0.0%
Filler	0.0%
Y Bunch	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Número de Pruebas	Nº	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	6.95	6.88	6.88		
2	% Piedra Chancada en Peso de la Mezcla	37.08	37.00	37.60		
3	% de Arena Zarcabonada en peso de la Mezcla	49.88	49.88	49.88		
4	% Escoria Metalurgica	0.00	0.00	0.00		
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	2.708	2.708	2.708		
8	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	3.670	3.670	3.670		
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica-Aparente	6.470	6.470	6.470		
10	Peso Especifico del Hier Aparente					
11	Altura Promedio de la Probeta	6.90	6.90	6.90		
12	Peso de la Briqueta en el Aire	1.080.0	1.080.0	1.080.0		
13	Peso de la Briqueta Saturada	1.201.0	1.201.0	1.201.0		
14	Peso de la Briqueta en el Agua	680.0	680.0	680.0		
15	Volumen de la Briqueta por desplazamiento (13-14)	912.0	912.0	912.0		912.0
16	Peso Especifico de la Probeta (12-15)	2.342	2.344	2.339		2.342
17	Peso Especifico Máximo (Paso) ASTM D-2041	3.427	3.427	3.427		
18	Peso Especifico Máximo (Teórico) 100(18+27+58+510)	3.548	3.548	3.548		
19	% de Vacío (17-18)/100	3.5	3.4	3.8		3.8
20	Peso Especifico-Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)(27+58+49+510)	2.815	2.815	2.815		
21	% V.M.A. Vacío del Agregado Mineral 100-(3+4+5)/1800	21.8	21.7	21.9		21.8
22	% vacíos teóricos con C.A. 100*(21-18)/21	83.9	84.3	83.9		83.9
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)(100/17-148)	3.882	3.882	3.882		
24	Flujo (E-01 mm)	3.08	3.10	3.20		3.10
25	Estabilidad sin corregr	1440.0	1475.0	1427.0		
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (25-26)	1440.0	1475.0	1427.0		1447.3
28	Índice de Rigidez (27-28)	4800.0	4758.1	4659.4		4688
29	Relación Pesar/Concreto					0.43
30	Número de Golpes por Capa	75	75	75		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Dybbase Miguel Arruñategui Broun  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 RUC: 719 11 314711



**AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R. Ltda.**  
 Mecánica de Suelos - Concrete - Asfalto - Rehabilitación  
 - Cementación - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras  
 Pradax, Av. Chiclayo No. 1211 - Chiclayo - Arequipa - San Carlos - Chiclayo - Chiriquí - Lambayeque - Peru  
 Tel: 074 - 228496 | Cel: 97873333 | 98407088  
 www.aacexploraciongeotecnicaymecanica.com | aacexploraciongeotecnicaymecanica@comcast.net

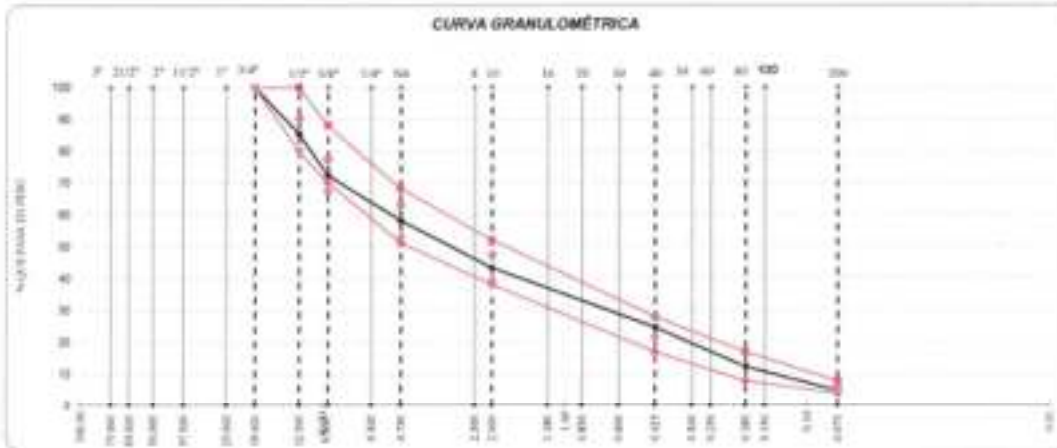
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Tema: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2021  
 Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
 Autor: WILMAYO YUMI CESAR AUGUSTO  
 Material: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE Fecha: 24/06/21  
 % Escoria Metalúrgica

**COMBINACIONES - MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE**

Tipo	Módulo (MPa)	Piedra Chica 3/4"	Arena Zarandeada 5/4"	Escoria Metalúrgica	Caf (Fines)	Total %	Especificaciones		OBSERVACIONES						
							MAC 2	VARIACION POSIBLE							
<b>% Combinaciones</b>							<b>40</b>	<b>62</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>100</b>				
P	75.000														
2 1/2"	60.000														
P	50.000														
1 1/2"	37.500														
P	30.000														
3/4"	18.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100							
1/2"	12.000	60.2	100.0	100.0	100.0	60.2	60-100	60.2	60.2						
3/8"	9.000	30.4	100.0	100.0	100.0	30.4	30-60	47.3	47.3						
1/4"	4.500														
M6	4.750	2.4	60.2	60.1	100.0	62.7	51-66	52.1	52.1				% Agregto		
M6	3.900													% Arena	47.3
M10	3.000	0.8	33.3	60.7	100.0	64.1	20-37	26.2	47.3					% Fines	5.0
M15	1.500														
M20	0.850														
M25	0.600														
M30	0.425		60.2	47.4	100.0	39.6	17-28	21.8	27.8						
M35	0.300														
M40	0.250														
M45	0.150		30.4	10.7	60.2	12.6	4-17								
M50	0.100														
M55	0.075		8.7	8.1	60.4	5.0	6-8	6-8	6-8						
M60															

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arruategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIR N° 174830



**AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R. L.M.S.**  
 Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Xulias de Testigos  
 -Cubiertas-asfalto -Laboratorios -Carreteras - Pavimentos de Carreteras  
 Pinarop. Av. Chiriquí No. 12 11 507 - Ampliación San Camarón, Chetumal - Quintana Roo - México  
 999 919 20996 - Fax: 999 919 20994 - 999 919 20994  
 www.aacexploraciongeotecnica.com.mx - aacexploraciongeotecnica@gmail.com

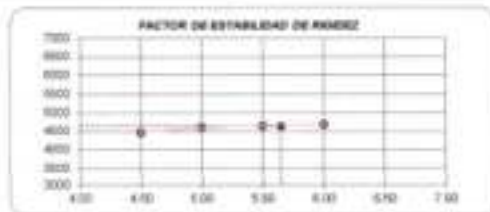
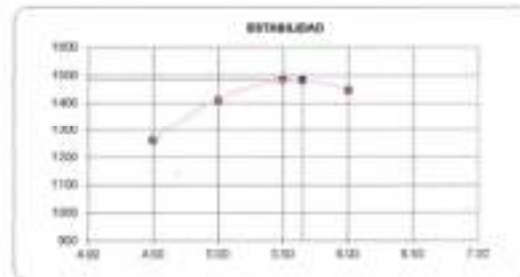
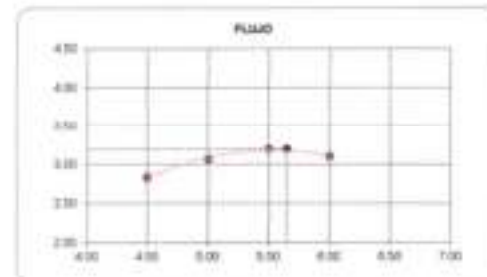
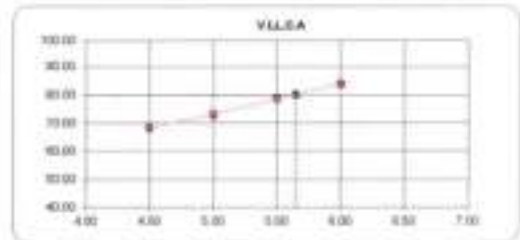
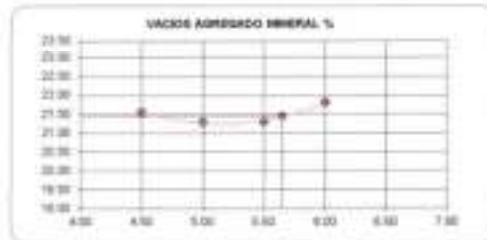
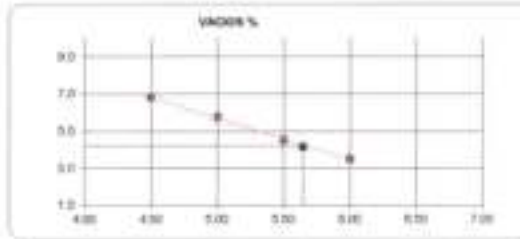
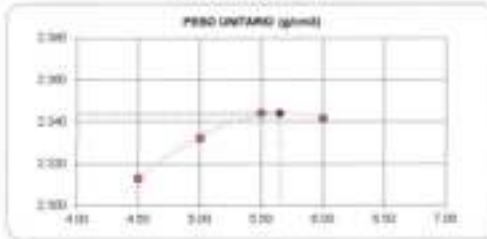
**ENSAYO MARSHALL**

MTC E - 804 - ASTM D 1558 - AASHTO T 245

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

Tesis: **INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023**  
 Objetivo: **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**  
 Objeto: **MONCAYO YEMM CESAR AUGUSTO**  
 Objeto: **DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
 8% escoria Metalúrgica

Fecha: 24/06/23



RESULTADOS OBTENIDOS	ESPEC.	RESULTADOS OBTENIDOS	ESPEC.
ÓPTIMO CONTENIDO C.A (%)	5.50	FLUJO (mm)	3.9
CAL HEMATADA ÓPTIMA (%)	5.8	ESTABILIDAD (kg)	1480
PESO UNITARIO (g/cm³)	2.344	ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	4834
VACIOS (%)	4.3		
V.M.R (%)	21.5		

AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.  
 Colación Miguel Alemán  
 INGENIERO SUPERIOR  
 S.A. DE C.V. 1977



# Anexo 13: Diseño de mezclas asfálticas en caliente con 12% escoria metalúrgica



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

## ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 248

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2003

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO VILA CESAR AUGUSTO (ORCID-000000015685-8834)

Material: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
12% Escoria Metalúrgica

Fecha: 24/06/23

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	80.0%
Arena Zarcada	10.0%
Escoria Metalúrgica	12.0%
Fibra	5.0%
J. Bata	100.0%
C.A. (FEM)	80.70

Número de Pruebas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00		
2 % Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	36.20	36.20	36.20		
3 % de Arena Zarcada en peso de la Mezcla	%	40.84	40.84	40.84		
4 % Escoria Metalúrgica	%	11.46	11.46	11.46		
5 % de Fibra en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6 Peso Específico Aparente de C.A.	g/mc	1.218	1.218	1.218		
7 Peso Específico Piedra Chancada Bulk	g/mc	2.700	2.700	2.700		
8 Peso Específico Arena Zarcada Bulk	g/mc	2.670	2.670	2.670		
9 Peso Específico Escoria Metalúrgica Aparente	g/mc	6.47	6.470	6.470		
10 Peso Específico del Fibra Aparente	g/mc					
11 Altura Promedio de la Prueba	cm	6.20	6.20	6.20		
12 Peso de la triqueta en el Aire	g	1202.0	1201.0	1199.0		
13 Peso de la triqueta saturada	g	1294.0	1293.0	1292.0		
14 Peso de la triqueta en el Agua	g	692.0	691.0	690.0		
15 Volumen de la triqueta por desplazamiento (13-14)	c.c.	502.0	501.0	500.0		502.0
16 Peso Específico de la Prueba (12-15)	g/mc	2.300	2.301	2.297		2.300
17 Peso Específico Máximo (Pico)	g/mc	2.481	2.481	2.481		
18 Peso Específico Máximo (Táctico)	g/mc	2.668	2.668	2.668		
19 % de Vacíos (15-16)/(17-16)	%	6.4	6.5	6.7		6.5
20 Peso Específico Bulk del Agregado Total (13-14)/(15-14)	g/mc	2.688	2.688	2.688		
21 % V.M.A. Vacío del Agregado Mineral (16-18)/(20-18)	%	23.6	23.9	24.0		23.8
22 % vacíos llenados con C.A. (16-18)/(20-18)	%	73.0	73.7	75.2		73.6
23 Peso Específico Efectivo del Agregado Total (16-18)/(20-18)	g/mc	2.637	2.637	2.637		
24 Flujo (C-01 max)	cm	2.70	2.80	2.90		2.77
25 Estabilidad en choque	Kg	1260.0	1300.0	1340.0		
26 Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00			
27 Estabilidad corregida (25*26)	Kg	1260.0	1300.0	1340.0		1331.0
28 Índice de Rigidez (27/24)	Kg/cm	4670.4	4686.3	4811.8		4810.8
29 Relación PoroCemento	%					0.62
30 Número de Golpes por Daga		15	15	15		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Chiclayo Miguel Arzamendi Brown  
INGENIERO SUPERVISOR  
MTC 178 del 14/01/20



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicar1@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicar1.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 248

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Fuente: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (DRCID-80000001 5698-4834)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

Fecha: 24/08/23

12% Scoria Metalurgica

PORCENTAJES DE SIMENO	
Piedra Chancada	41.0%
Arena Zarcadoada	48.0%
Escoria Metalurgica	13.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PER)	86.76

Número de Pruebas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	9.88	9.89	9.89	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	36.00	36.00	36.00	
3	% de Arena Zarcadoada en peso de la Mezcla	%	48.80	48.80	48.80	
4	% Escoria Metalurgica	%	11.40	11.40	11.40	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cm <sup>3</sup>	1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cm <sup>3</sup>	2.700	2.700	2.700	
8	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cm <sup>3</sup>	2.670	2.670	2.670	
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica Aparente	gr/cm <sup>3</sup>	8.470	8.470	8.470	
10	Peso Especifico del Filler-Aparente	gr/cm <sup>3</sup>				
11	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.50	6.50	6.40	
12	Peso de la briqueta en el Aire	gr	1200.0	1198.0	1198.0	
13	Peso de la briqueta Saturada	gr	1082.0	1088.0	1087.0	
14	Peso de la briqueta en el Agua	gr	886.0	886.0	886.0	
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (13-14)	cc	517.0	515.0	515.0	515.7
16	Peso Especifico de la Probeta (13/15)	gr/cm <sup>3</sup>	2.321	2.306	2.306	2.305
17	Peso Especifico Máximo (Pico)	gr/cm <sup>3</sup>	2.461	2.461	2.461	
18	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cm <sup>3</sup>	2.844	2.844	2.844	
19	% de Vacíos	%	3.7	5.0	5.4	5.5
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cm <sup>3</sup>	2.888	2.888	2.888	
21	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	23.4	23.4	23.4	23.3
22	% vacíos llenados con C.A.	%	75.9	76.6	76.3	76.6
23	Peso Especifico Eléctrico del Agregado Total	gr/cm <sup>3</sup>	2.859	2.859	2.859	
24	Flujo (0.01 mm)	mm	3.30	3.25	3.00	3.03
25	Estabilidad sin corregr	Kg	1463.0	1475.0	1466.0	
26	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
27	Estabilidad corregida (15/26)	Kg	1463.0	1475.0	1466.0	1476.0
28	Índice de Rigidez (17/26)	Kg/cm	3044.8	4021.6	4803.3	4844.2
29	Potación Filler/Carmento	%				6.87
30	Número de Golpes por Capa		75	75	75	

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.

Christóbal Miguel Arroyave  
 INGENIERO SUPERVISOR



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

**ENSAYO MARSHALL**

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

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

**Teste:** INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

**Objetivo:** TESTE PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Autor:** MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (DPCD-0000001 5685-4834)

**Materia:** DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
 12% Escoria Metalurgica

**Fecha:** 24/06/23

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	60.0%
Arena Zarandeada	40.0%
Escoria Metalurgica	12.0%
Filler	0.0%
Total	100.0%
C.A. (PDI)	80-75

Número de Pruebas	U <sup>o</sup>	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	8.80	8.80	8.80		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	37.80	37.80	37.80		
3	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	45.30	45.30	45.30		
4	% Escoria Metalurgica	11.34	11.34	11.34		
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Chancada Bulk	2.670	2.670	2.670		
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica Aparente	6.470	6.470	6.470		
10	Peso Especifico del Mezcla Aparente					
11	Altura Promedio de la Probeta	8.40	8.30	8.34		
12	Peso de la Intacta en el Aire	1201.0	1203.0	1197.0		
13	Peso de la Intacta Saturada	1203.0	1194.0	1202.0		
14	Peso de la Intacta en el Agua	892.0	898.0	896.0		
15	Volumen de la Intacta por desplazamiento (12-14)	311.0	316.0	313.0		313.0
16	Peso Especifico de la Probeta (12-15)	3.390	3.326	3.339		3.338
17	Peso Especifico Máximo (Fase) ASTM D-2041	3.440	3.440	3.440		
18	Peso Especifico Máximo (Teórico) 100(18+27+38+515)	3.632	3.632	3.632		
19	% de Vacios (15-16)/100	3.8	4.8	4.4		4.3
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)/(2.7+2.6+6.4+5.10)	3.089	3.089	3.089		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral 100(2+3+4+5)/1820	25.0	23.9	23.5		23.8
22	% Vacios llenados con C.A. 100(21-1820)	80.7	80.0	81.1		81.8
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)/(100(17-18))	3.696	3.696	3.696		
24	Flujo (2.21 mm)	3.00	3.40	3.00		3.50
25	Estabilidad en coraje	1550.0	1537.0	1534.0		
26	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (25*26)	1550.0	1537.0	1534.0		1543.0
28	Indice de Rigidez (27*24)	4200.0	4522.8	4202.0		4491.0
29	Relación Pk/Cemento					0.58
30	Numero de Golpes por Capa	75	75	75		

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

  
**A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.**  
 Cristian Miguel Arraizaletor Brown  
 INGENIERO PROFESIONAL  
 CIP 40 17471



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Camareras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 55 - Saul Cantoral Telf. 074 - 226446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicasri@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasri.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 304 - ASTM D 4699 - AASHTO T 246

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Final:** INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023

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

**Autor:** MONCAYO YLMA CESAR AUBUSTO (DPOD-00000001 5685-4834)

**Materia:** DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 12% Escoria Metalúrgica

Fecha: 24/06/23

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcada	40.0%
Escoria Metalúrgica	12.0%
Filer	0.0%
[ Suma	100.0%
C.A. (FEN)	88-70

Número de Pruebas	U <sup>2</sup>	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	37.00	37.00	37.00		
3 % de Arena Zarcada en peso de la Mezcla	%	40.12	40.12	40.12		
4 % Escoria Metalúrgica	%	11.28	11.28	11.28		
5 % de Filer en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6 Peso Especifico Aparente de C.A.	grms	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	grms	2.700	2.700	2.700		
8 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	grms	2.670	2.670	2.670		
9 Peso Especifico Escoria Metalúrgica-Aparente	grms	6.470	6.470	6.470		
10 Peso Especifico del Sólido-Aparente	grms					
11 Altura Promedio de la Probeta	cm	6.20	6.20	6.20		
12 Peso de la briqueta en el Aire	gr	1203.0	1197.0	1188.0		
13 Peso de la briqueta Saturada	gr	1203.0	1200.0	1201.0		
14 Peso de la briqueta en el Agua	gr	887.0	888.0	887.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (13-14)	cc	818.0	811.0	814.0		813.7
16 Peso Especifico de la Probeta (13-15)	grms	2.320	2.342	2.330		2.338
17 Peso Especifico Máximo (Fino) ASTM D-2041	grms	2.430	2.430	2.430		
18 Peso Especifico Máximo (Teórico)	grms	2.900	2.900	2.900		
19 % de Vacíos (1-18)/(17-18)	%	4.1	3.8	4.0		3.9
20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)/(27+38+40+510)	grms	2.886	2.886	2.886		
21 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mixto (100-(2+3+4+5)/1900)	%	34.1	33.7	34.0		34.0
22 % vacíos llenados con C.A. 100*(21-19)/21)	%	62.3	64.6	63.3		63.7
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)/(100(1-19))	grms	2.886	2.888	2.886		
24 Flujos (0.07 mm)	mm	9.60	9.60	9.70		9.70
25 Estabilidad sin corregr	kg	1400.0	1524.0	1517.0		
26 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
27 Estabilidad corregida (25/26)	kg	1400.0	1524.0	1517.0		1407.0
28 Índice de Rigidez (27/24)	kg/mm	3019.8	4232.3	4100.0		4048
29 Relación Puro/Cemento	%					0.55
30 Número de Golpes por Capa		15	15	15		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L

Cristian Miguel Amantequi Jimar  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 RUC: 710 20 1117





**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

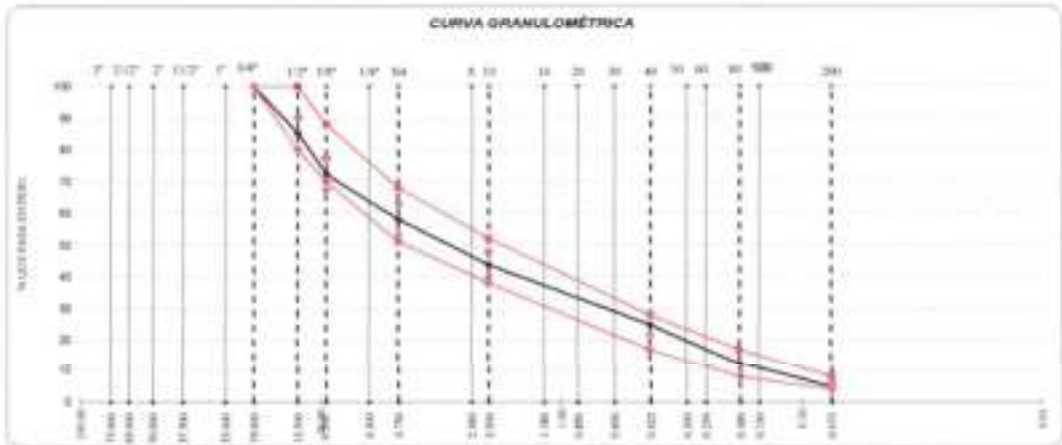
- Mecanica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Baul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>			
<b>Tema:</b> INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2003			
<b>Objetivo:</b> TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
<b>Autor:</b> WINGAYO YAMI CESAR AUGUSTO			
<b>Materia:</b> DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE		<b>Fecha:</b>	
72 % Grava Metalurgica			

**COMBINACIONES - MEZCLA ASFALTICA CALIENTE**

Tipo	Módulo (mm)	Piedra Chancada 3/4"	Arena Zarcandada 1/4"	Escoria Metalurgica	Car (Filler)	Total %	Características		Observaciones
							MAC 2	VARIACION PERMISIBLE	
<b>% Combinaciones</b>									
F	15,000								
3/4"	12,000								
2"	10,000								
1 1/2"	8,000								
F	25,000								
3/4"	18,000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	100	
1 1/2"	12,000	85.2	100.0	100.0	100.0	85.3	85 - 100	85.2	85.2
3/4"	8,000	36.0	100.0	100.0	100.0	71.3	70 - 80	67.2	77.2
1 1/2"	4,000								
3/4"	4,750	24	80.0	80.0	100.0	56.1	55 - 65	52.0	62.0
3/4"	2,000								
3/4"	2,000	9.6	50.0	80.0	100.0	41.7	35 - 55	38.0	47.0
3/4"	1,000								% Agregado
3/4"	2,000								% Grava 47.0
3/4"	3,000								% Arena 36.0
3/4"	5,425		30.0	47.4	100.0	24.9	27 - 35	25.8	27.8
3/4"	2,000								% Fina 4.8
3/4"	5,200								
3/4"	2,000		20.0	10.0	90.0	12.4	8 - 17		
3/4"	2,000								
3/4"	2,075		9.7	9.7	99.0	4.5	4.8	3.8	3.8
3/4"									



  
**A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.**  
 Chiclayo Miguel Arruñadón 3000  
 INGENIERO SUPERIOR  
 REG. CIR. N° 174520



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 226446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

**ENSAYO MARSHALL**  
 MTC E - NM - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

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

Tema: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2003

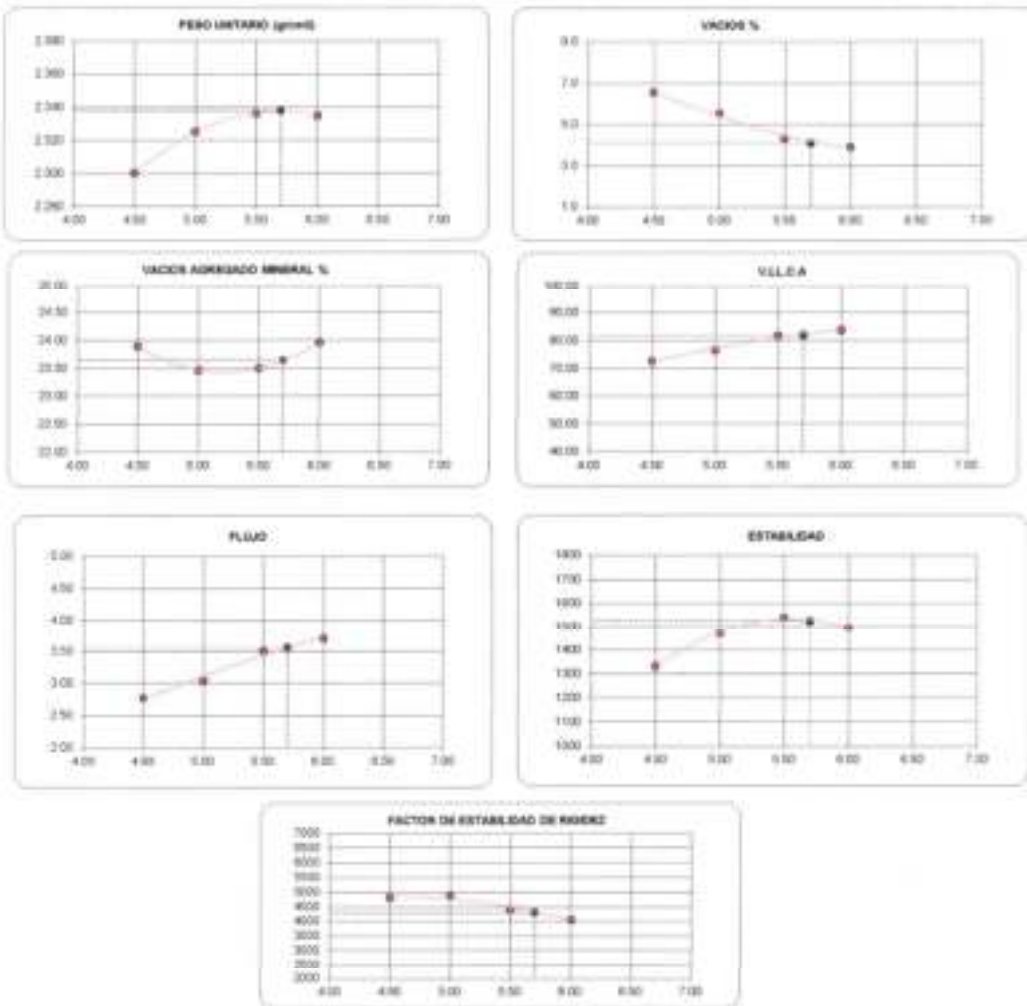
Objetivo: TESTE PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Objetivo: MONICAYO YLMA CESAR AUGUSTO

Objetivo: DISEÑO DE MEZCLAS ASPALTICAS EN CALIENTE

Fecha: 24/06/23

12% Scoria Metalurgica



RESULTADOS OBTENIDOS		ESPEC.	RESULTADOS OBTENIDOS		ESPEC.
OPTIMO CONTENIDO S.A (%)	5.75	-	FLUJO (mm)	5.8	2 - 4
GAL HORIZADA OPTIMA (%)	5.8	-	ESTABILIDAD (kg)	1427	MS 915
PESO UNITARIO (gr cm³)	3.338	-	INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm²)	4581	1700 - 4000
VACIOS (%)	4.7	5 - 8			
V.A.S.A (%)	25.7	MS 14			

  
**Cristian Miguel Arraategui Boman**  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP Nº 17111

# Anexo 14: Diseño de mezclas asfálticas en caliente con 15% escoria metalúrgica



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Roturas de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

## ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

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

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2021

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONROY VERA CESAR AUGUSTO (D.M.C.D. 0000007 5085-4834)

Material: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE Fecha: 26/06/21

15% Escoria Metalúrgica

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Escoria Metalúrgica	05.0%
Fibra	0.0%
Agua	500.0%
C.A. (PSB)	80/10

Número de Pruebas	Nº	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	5.85	5.85	5.85		
2	% de Piedra Chancada en Peso de la Mezcla	38.00	38.00	38.00		
3	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	42.75	42.75	42.75		
4	% Escoria Metalúrgica	14.25	14.25	14.25		
5	% de Fibra en Peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparato de C.A.	g/cm <sup>3</sup> 1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulb	g/cm <sup>3</sup> 2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Zarandeada Bulb	g/cm <sup>3</sup> 2.670	2.670	2.670		
9	Peso Especifico Escoria Metalúrgica-Aparato	g/cm <sup>3</sup> 3.47	3.470	3.470		
10	Peso Especifico del Hierro-Aparato	g/cm <sup>3</sup>				
11	Altura Promedio de la Prueba	cm 8.40	8.40	8.40		
12	Peso de la Impronta en el Aire	g 1127.0	1180.0	1200.0		
13	Peso de la Impronta Saturada	g 1080.0	1200.0	1200.0		
14	Peso de la Impronta en el Agua	g 891.0	891.0	891.0		
15	Volumen de la Impronta por Anclamiento (15-14)	cm <sup>3</sup> 319.0	321.0	321.0		320.3
16	Peso Especifico de la Prueba (12/15)	g/cm <sup>3</sup> 2.308	2.298	2.303		2.303
17	Peso Especifico Máximo (Fibra)	g/cm <sup>3</sup> 2.481	2.481	2.481		
18	Peso Especifico Máximo (Testigo) 150(18+27+38+51)	g/cm <sup>3</sup> 2.888	2.888	2.888		
19	% de Vacío (17-18)/(17-19)	% 6.3	6.8	6.4		6.4
20	Peso Especifico Bulb del Agregado Total (2+3+4+5)/(27+38+49+51)	g/cm <sup>3</sup> 2.942	2.942	2.942		
21	% V.M.A. Vacío del Agregado Mineral 100-(2+3+4+5)/1820	% 25.5	25.8	25.8		25.8
22	% Vacío Remanente con C.A. 100-(21-18)/(21)	% 75.4	74.5	75.0		75.0
23	Peso Especifico Densidad del Agregado Total (2+3+4+5)/(10017-140)	g/cm <sup>3</sup> 2.888	2.888	2.888		
24	Fuga (22/21) cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> 0.70	0.80	0.80		0.77
25	Estabilidad sin cortejo	kg 1260.0	1187.0	1190.0		
26	Papel de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (25/26)	kg 1260.0	1187.0	1190.0		1202.0
28	Índice de Rigidez (27/24)	kg/cm <sup>2</sup> 467.8	428.3	428.8		434.8
29	Flexión: Pulso/Cemento	%				1.72
30	Número de Golpes por Capa	75	75	75		

OBSERVACIONES:

  
**A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.**  
 Cesar Augusto Monroy Vera  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 N.º 177 01 11777





## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saúl Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicar1@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicar1.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO PLANTAS 3023

Objetivo: TESTS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor: MONCAYO YUMA CÉSAR AUGUSTO (DRCID-00000001 9695-4834)

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
 10% Escoria Metalurgica

Fecha: 26/05/23

PORCENTAJES DE GRABO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcabuela	40.0%
Escoria Metalurgica	10.0%
Filer	3.0%
Y Sume	100.0%
C.A. (PER)	80-70

Numero del Proceso		n°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Muestra	%	5.88	5.96	5.90		
2	% Piedra chancada en Peso de la Muestra	%	37.80	37.80	37.80		
3	% de Arena Zarcabuela en peso de la Muestra	%	42.53	42.53	42.53		
4	% Escoria Metalurgica	%	14.18	14.18	14.18		
5	% de Filer en Peso de la Muestra	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cm	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	gr/cm	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Chancada Bulk	gr/cm	2.670	2.670	2.670		
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica-Aparente	gr/cm	6.470	6.470	6.470		
10	Peso Especifico del Mez-Aparente	gr/cm					
11	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.40	6.30	6.30		
12	Peso de la tripeta en el Aire	gr	1200.0	1198.0	1202.0		
13	Peso de la tripeta Saturada	gr	1288.0	1290.0	1286.0		
14	Peso de la tripeta en el Agua	gr	608.0	607.0	609.0		
15	Volumen de la tripeta por desplazamiento (13-14)	c.c.	315.0	313.0	316.0		314.7
16	Peso Especifico de la Probeta (12/15)	gr/cm	2.332	2.350	2.329		2.332
17	Peso Especifico Maximo (Paso)	gr/cm	2.481	2.481	2.481		
18	Peso Especifico Maximo (Teórico)	gr/cm	2.685	2.685	2.685		
19	% de Vacios (1-18)/(17-18)	%	5.2	5.1	5.3		5.2
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)/(27+28+49+510)	gr/cm	2.942	2.942	2.942		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral 100-(2+3+4+5)/1620	%	25.1	25.0	25.2		25.1
22	% vacios llenados con C.A. 100*(21-19/21)	%	79.1	79.6	78.8		79.2
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)/(100/17-18)	gr/cm	2.662	2.662	2.662		
24	Fijar (0.01 mm)	cm	3.00	3.10	3.20		3.10
25	Estabilidad sin choque	kg	1276.0	1256.0	1265.0		
26	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corregida (25/26)	kg	1276.0	1256.0	1265.0		1266.7
28	Indice de Rigidez (27/24)	kg/mm	425.3	401.3	393.1		406.6
29	Relación Puro/Cemento	%					0.55
30	Numero de Golpes por Capa		75	75	75		

OBSERVACIONES:

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arranzategui Irujo  
 Ingeniero Supervisor  
 T.E. POR DE TURNO



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Proig. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

<b>ENSAYO MARSHALL</b>	
MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 245	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>	
Título: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2003	
Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL	
Autor: MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID-00000001 5688-4834)	
Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	Fecha: 26/06/23
15% Escoria Metalurgica	

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.0%
Arena Zarcabuela	45.0%
Escoria Metalurgica	15.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	80-10

Número de Pruebas		n°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Muestra	%	5.00	6.00	6.00		
2	% de Piedra Chancada en Peso de la Muestra	%	37.00	37.00	37.00		
3	% de Arena Zarcabuela en peso de la Muestra	%	42.30	42.30	42.30		
4	% Escoria Metalurgica	%	14.10	14.10	14.10		
5	% de Filler en Peso de la Muestra	%	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Piedra Chancada Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700		
8	Peso Especifico Arena Chancada Bulk	gr/cc	2.875	2.875	2.875		
9	Peso Especifico Escoria Metalurgica-Aparente	gr/cc	6.470	6.470	6.470		
10	Peso Especifico del Mez Aparente	gr/cc					
11	Alto Promedio de la Probeta	cm	6.40	6.00	6.00		
12	Peso de la Intiqueta en el Aire	gr	1201.0	1188.0	1188.0		
13	Peso de la Intiqueta Saturada	gr	1204.0	1201.0	1200.0		
14	Peso de la Intiqueta en el Agua	gr	880.0	880.0	880.0		
15	Volumen de la Intiqueta por desplazamiento (12-14)	cc	514.0	512.0	512.0	813.0	
16	Peso Especifico de la Probeta (12-15)	gr/cc	2.307	2.340	2.307	2.338	
17	Peso Especifico Medio (Row) ASTM D-2041	gr/cc	2.442	2.442	2.442		
18	Peso Especifico Medio (Tortica) 100(18+27+38+510)	gr/cc	2.843	2.843	2.843		
19	% de Vacios (1-18)/17*100	%	4.3	4.2	4.3	4.3	
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total (2+3+4+5)/(27+38+49+510)	gr/cc	2.842	2.842	2.842		
21	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral 100(2+3+4+5)/1920	%	25.4	25.2	25.3	25.3	
22	% vacios llenados con C.A. 100(21-18)/20	%	60.0	60.4	60.1	60.2	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total (2+3+4+5)/(100/17-1.80)	gr/cc	2.881	2.881	2.881		
24	Flujo (0.075 mm)	mm	3.30	3.20	3.20	3.27	
25	Estabilidad sin corrimiento	kg	1212.0	1207.0	1204.0		
26	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
27	Estabilidad corrimiento (25-26)	kg	1312.0	1297.0	1294.0	1314.3	
28	Indice de Rigidez (27/24)	kg/cm	3875.0	4002.1	4100.0	4044.9	
29	Relacion PuroCemento	%				0.52	
30	Numero de Golpes por Capa		75	75	75		

OBSERVACIONES:

  
**A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.**  
 Cristian Miguel Arruategui Ormiztegui  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 N° 179 401 123



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo - Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 976175503.  
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

### ENSAYO MARSHALL

MTC E - 304 - ASTM D 1559 - AASHTO T 240

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Tesis:** INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALURGICA EN LAS PROPIEDADES MEC. 0

**Objetivo:** TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**Autor:** MONCAYO YLMA CESAR AUGUSTO (ORCID-00000001 5696-4804)

**Material:** DISEÑO DE MEZCLAS ASPALTICAS EN CALIENTE

FECHA: 26/09/23

15% Escoria Metalurgica

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	67.0%
Arena Zarcabada	46.0%
Escoria Metalurgica	15.0%
Fibra	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PER)	69.75

Nombre de Pruebas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	6.90	6.90	6.90		
2 Sólo Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	37.40	37.40	37.40		
3 % de Arena Zarcabada en peso de la Mezcla	%	40.08	40.08	40.08		
4 % Escoria Metalurgica	%	14.30	14.30	14.00		
5 % de Fibra en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
6 Peso Especifico Agregado de C.A.	gr/m	1.015	1.015	1.015		
7 Peso Especifico Piedra Chancada-Dulc	gr/m	2.700	2.700	2.700		
8 Peso Especifico Arena Chancada-Dulc	gr/m	2.670	2.670	2.670		
9 Peso Especifico Escoria Metalurgica-Agregado	gr/m	6.470	6.470	6.470		
10 Peso Especifico del Mez-Agregado	gr/m					
11 Alura Promedio de la Probeta	cm	6.50	6.50	6.40		
12 Peso de la briqueta en el Aire	gr	1188.0	1188.0	1200.0		
13 Peso de la briqueta saturada	gr	1201.0	1201.0	1201.0		
14 Peso de la briqueta en el Agua	gr	897.0	898.0	897.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (13-14)	c.c.	314.0	314.0	315.0		314.3
16 Peso Especifico de la Probeta (12/15)	gr/m	2.331	2.333	2.330		2.331
17 Peso Especifico Máximo (Ritmo ASTM D-2041)	gr/m	2.430	2.400	2.400		
18 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/m	2.620	2.620	2.620		
19 % de Vacíos	%	4.1	4.0	4.1		4.1
20 Peso Especifico Dulce del Agregado Total	gr/m	2.940	2.940	2.940		
21 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	35.8	35.8	36.0		35.8
22 % vacíos llenados con C.A.	%	84.2	84.5	84.2		84.3
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/m	2.688	2.688	2.688		
24 Flujo (0.01 mm)	mm	3.50	3.10	3.60		3.40
25 Estabilidad en corrimiento	Rp	1257.0	1272.0	1234.0		
26 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
27 Estabilidad corrimiento (25/26)	Rp	1257.0	1272.0	1234.0		1254.3
28 Índice de Rigidez (27/26)	Kg/cm	3991.4	4103.2	3427.8		3688
29 Retención Pulver-Cemento	%					0.49
30 Numero de Golpes por Capa		75	75	75		

OBSERVACIONES

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Dr. Miguel Arratibelena Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 (1971-1981-1982-1983)



**AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R. Lda.**

Alfabetización de Suelos - Concrete - Asfalto - Probetas de Resistencia  
 Convencional - Laboratorio - Carbón - Análisis de Carbonatos

Proving. Av. Chiriquí No. 12-11-50 - San Antonio, San Carlos, Chiriquí - Chiriquí - Limón - Panamá - Perú  
 Telf: 074-23344 / Cel: 9707993 / 99467994  
 www.aacexploraciongeotecnicaymecanica.com / aacexploraciongeotecnicaymecanica@gmail.com

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

Tema: INFLUENCIA DE LA FICCIÓN METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2020

Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

Autor: MONCAYO YLAR CESAR AUGUSTO

Materia: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

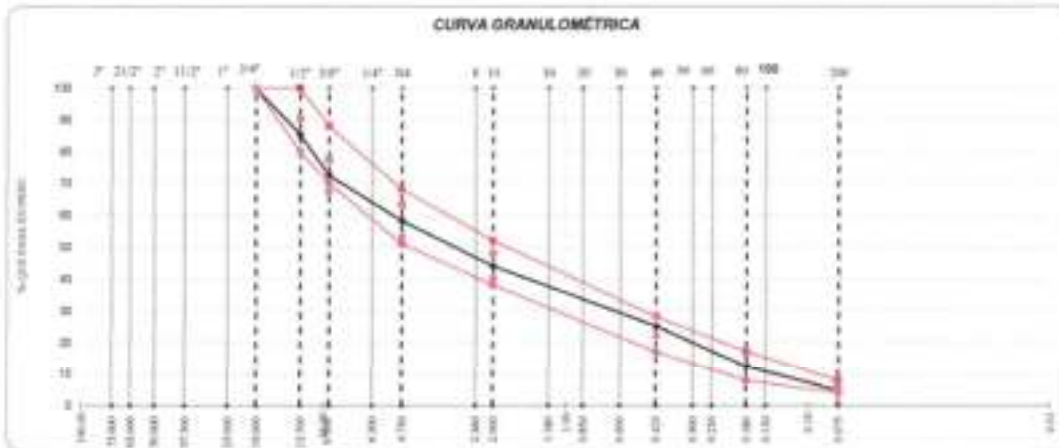
Fecha: 20/03/20

13% Arena Metalúrgica

**COMBINACIONES - MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE**

Tipo	Agregado (mm)	Piedra Chancada 24"	Arena Zarcandada 24"	Escoria Metalúrgica	Cal (Pilos)	Total %	Combinaciones		OBSERVACIONES
							MAC 2	VARIAción PERMISIBLE	
<b>% Combinaciones</b>									
2"	75.00								
2.12"	85.00								
2"	90.00								
1.12"	37.00								
1"	25.00								
24"	10.00	100.0	100.0	100.0		100.0	60	100	
12"	12.00	60.2	100.0	100.0		60.2	60-70	60.2	60.2
20"	5.00	31.6	100.0	100.0		31.6	19-30	27.2	27.2
10"	2.00								
NA	4.75	2.4	95.9	96.1		50.1	31-40	32.1	32.1
NA	2.50								
NA	2.00	2.6	70.9	80.7		60.2	31-32	60.2	60.2
NA	1.18								
NA	0.85								% Agregado
NA	0.60								% Grava 41.0
NA	0.425		40.3	47.4		30.1	17-24	32.1	32.1
NA	0.30								% Fina 4.0
NA	0.25								
NA	0.15		20.9	16.1		12.6	8-17		
NA	0.10								
NA	0.075		0.7	0.1		4.0	4.8	2.8	0.8
NA									

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.  
 Inge. Miguel Arraategui Braun  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 Lic. CIA. N° 174530





**AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R.L.**

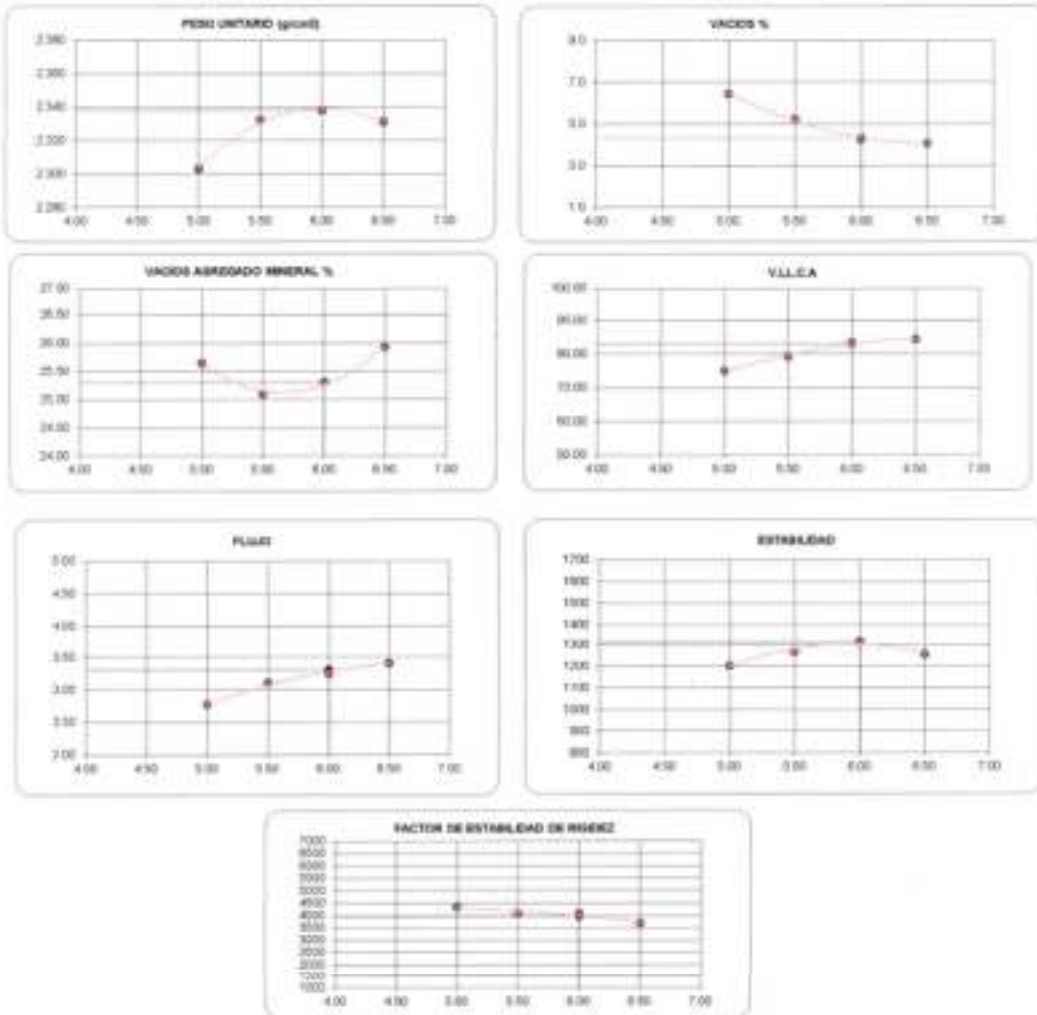
Mecánica de Suelos - Caseríos - Aullara - Futura de los Andes  
 - Calcomanitos - Lubricantes - Cementos - Productos de Cementos  
 Pte. 4a - Chiclayo 40, "D" 1a "02" - Av. España 500 - Callao - Chiclayo - Lambayeque - Piura  
 Telf: 074 223496 - Cel: 973171202 - 984270004  
 www.aacexploraciongeotecnicarl.com - aacexploraciongeotecnicarl@protonmail.com

**ENSAYO MARSHALL**

**MTC E - 504 - ASTM D 1559 - AASHTO T 248**

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

Tema: INFLUENCIA DE LA ESCORIA METALÚRGICA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 2023  
 Objetivo: TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 Objetivo: MONCAYO YEM CESAR AUGUSTO  
 Objetivo: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 Fecha: 28/06/23  
 15% Escoria Aluminosa



RESULTADOS OBTENIDOS	ESPEC.	RESULTADOS OBTENIDOS	ESPEC.
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	6.00	FLUJO (mm)	5.5
CAL. HIBRATADA OPTIMA (%)	6.0	ESTABILIDAD (kg)	1313
PESO UNITARIO (g/cm³)	2.338	INDICE DE VACIOS (kg/cm³)	8479
VACIOS (%)	4.5		1700 - 6000
V.M.A (%)	26.3		

AAC EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.

Cristian Miguel Arrauzategui Brena  
 INGENIERO SUPERIOR

## Anexo 15: Panel Fotográfico

### I. Recolección de materiales

**Fotografía N° 01.**



Vista de Planta de asfalto Gobierno Regional de Lambayeque.

**Fotografía N° 02.**



Vista de Recolección del agregado grueso.

**Fotografía N° 03.**



Vista de Recolección del agregado fino.

**Fotografía N° 04.**



Vista de Recolección de escoria metalúrgica.



II. Granulometría.

Fotografía N° 05.



Vista de selección de materiales para granulometría.

Fotografía N° 06.



Vista de Granulometría del agregado grueso.

**Fotografía N° 07.**



Vista de Granulometría del agregado fino.

**Fotografía N° 08.**



Vista de Abrasión de los ángeles para el agregado grueso.

III. Equipos de laboratorio.

**Fotografía N° 09.**



Vista de Equipo abrasión de los ángeles.

**Fotografía N° 10.**



Vista de Tamices.



**Fotografía N° 11.**



Vista de Balanza 30 000 gr.

**Fotografía N° 12.**



Vista de Balanza 1500 gr.

**Fotografía N° 13.**



Vista de Horno perutest de 50 ° C a 300 °C.

**Fotografía N° 14.**



Vista de Copa Casagrande Rumistone.

**Fotografía N° 15.**



Vista de Prensa Marshall – A & A Instruments.

IV. Preparación de briquetas a ensayar.

**Fotografía N° 16.**



Vista de Material para preparación de briquetas.



**Fotografía N° 17.**



Vista de Peso del agregado grueso.

**Fotografía N° 18.**



Vista de Peso del agregado fino.

**Fotografía N° 19.**



Vista de Peso de escoria metalúrgica.

**Fotografía N° 20.**



Vista de asfalto 60 – 70.

**Fotografía N° 21.**



Vista de proceso de calentamiento materiales para llegar a temperatura óptima.

**Fotografía N° 22.**



Vista de Mezcla asfáltica convencional.

**Fotografía N° 23.**



Vista de Moldes para hacer briquetas de asfalto.

**Fotografía N° 24.**



Vista de Briquetas de asfalto en molde.



**Fotografía N° 25.**



Vista de Compactación de mezcla asfáltica.

**Fotografía N° 26.**



Vista de Briquetas compactadas.

Fotografía N° 27.



Vista de Peso específico de briquetas.

Fotografía N° 28.



Vista de Equipo para realizar peso específico de briquetas.



Fotografía N° 29.



Vista de Baño maría a 60° C.

Fotografía N° 30.



Vista de Ensayo Marshall.

**Fotografía N° 31.**



Vista de Ensayo Marshall.

**Fotografía N° 32.**



Vista de Ensayo Marshall.

**Fotografía N° 33.**



Vista de Laboratorio A&C.

**Fotografía N° 34.**



Vista de Laboratorio A&C.

## Anexo 16: Resultados del control de calidad de los agregados

Se realizó el control de calidad para los agregados que se han utilizado en el diseño de mezcla, ya que de estos depende que tenga una buena resistencia y buen funcionamiento.

**Tabla 18.**

Ensayo de Absorción Para Arena

ESPECIMEN N°	1	2	3
PESO SECO, Wd (kg)	232.18	238.80	268.20
PESO SATURADO, Wh (Kg)	234.78	241.44	271.03
ABSORCIÓN, (%)	1.12%	1.11%	1.06%
ABSORCIÓN PROMEDIO, (%)	1.094%		

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 19.**

Ensayo de Absorción Para Piedra

ESPECIMEN N°	1	2	3
PESO SECO, Wd (kg)	400.10	402.50	418.30
PESO SATURADO, Wh (Kg)	404.00	406.50	422.39
ABSORCIÓN, (%)	0.97%	0.99%	0.98%
ABSORCIÓN PROMEDIO, (%)	0.982%		

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 20.**

Equivalente de Arena

Tamaño Máximo mm	4.75	4.75
Muestra N°	M-1	M-2
Hora de Entrada	9.30	9.35
Hora de Salida	9.40	9.45
Hora de Entrada	10.00	10.10
Hora de Salida	10.20	10.30
Alt. Máx. del Mat. Fino (cm)	5.7	5.6
Alt. Máx. del Mat. Fino (cm)	3.5	3.5
Equivalente de arena	66.1	62.5
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO	62.0%	

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 21.**

Límites de consistencia de Agregado pasante malla N° 200.

Datos del ensayo	Límite líquido			Límite plástico
	25	6	71	
N° de Tara	25	6	71	28
N° de Golpes	14	22	30	
Tara + Suelo húmedo	50.24	53.08	54.96	22.17
Tara + Suelo seco	43.25	45.95	47.53	20.56
Peso del Agua	6.99	7.13	7.43	1.61
Peso de la Tara	13.38	13.80	13.02	11.75
Peso del Suelo Seco	29.87	32.15	34.51	8.81
Porcentaje de Humedad	23.40	22.18	21.53	18.27

Nota. Elaboración propia.

**Figura 2. Límite líquido**  
Nota. Elaboración propia.**Tabla 22.**

Índice de Plasticidad.

Límites de consistencia	
Límite Líquido	21.94
Límite Plástico	18.27
Índice de Plasticidad	3.66

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 23.**

Contenido de Sales Solubles.

CANTERA	A	B
PROGRESIVA (Km)		
PROFUNDIDAD (m)		
(1) PESO DEL TARRO	24.130	99.33
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	73.520	123.55
(3) PESO TARRO SECO + SAL	24.143	99.336
(4) PESO SAL (3 - 1)	0.013	0.006
(5) PESO AGUA (2 - 3)	49.377	24.21
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.0260%	0.025%
PROMEDIO	0.0260%	

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 24.**

Ensayo de Resistencia a la Abrasión de Piedra 3/4".

MUESTRA N°	1
GRADUACIÓN"	"B"
PESO MUESTRA	5000
1 1/2" - 1"	
1" - 3/4"	
3/4" - 1/2"	2500
1/2" - 3/8"	2500
3/8" - 1/4"	
1/4" - N° 4	
N°4 - N° 8	
Total, Desgaste	980
Ret. N° 12	
500 vueltas	
Ret. N° 12	4020
%Desgaste	19.60%

Nota. Elaboración propia.



**Tabla 25.**

Peso Volumétrico por metro cúbico Suelto de Arena.

<b>Peso molde + material</b>	<b>Peso del molde</b>	<b>Peso del material</b>	<b>Volumen del molde</b>	<b>Peso x m3</b>	<b>Promedio</b>
12407	7540	4867	3194	1524	1524
12552	7540	5012	3194	1569	
12266	7540	4726	3194	1480	

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 26.**

Peso Volumétrico por metro cúbico Compactado de Arena.

<b>Peso molde + material</b>	<b>Peso del molde</b>	<b>Peso del material</b>	<b>Volumen del molde</b>	<b>Peso x m3</b>	<b>Promedio</b>
12861	7540	5321	3194	1666	1664
12856	7540	5316	3194	1664	
12847	7540	5307	3194	1662	

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 27.**

Peso Volumétrico por metro cúbico Suelto de Piedra 3/4".

<b>Peso molde + material</b>	<b>Peso del molde</b>	<b>Peso del material</b>	<b>Volumen del molde</b>	<b>Peso x m3</b>	<b>Promedio</b>
12295	7540	4755	3194	1489	1490
12333	7540	4793	3194	1501	
12266	7540	4726	3194	1480	

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 28.**

Peso Volumétrico por metro cúbico Compactado de Piedra 3/4".

<b>Peso molde + material</b>	<b>Peso del molde</b>	<b>Peso del material</b>	<b>Volumen del molde</b>	<b>Peso x m3</b>	<b>Promedio</b>
12487	7540	4947	3194	1549	1549
12493	7540	4953	3194	1551	
12484	7540	4944	3194	1548	

Nota. Elaboración propia.