



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su  
comportamiento físico-mecánico en la subrasante,  
Carabayllo, 2024**

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Gargate Garcia, Einer Arcangel (orcid.org/0000-0003-1686-4420)

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (orcid.org/0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERU

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabaylo, 2024", cuyo autor es GARGATE GARCIA EINER ARCANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16%, 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 cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 01 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO DNI: 08644876 ORCID: 0000-0002-5043-6510	Firmado electrónicamente por: OTELLOM el 20-07- 2024 20:14:49

Código documento Trilce: TRI - 0784434



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, GARGATE GARCIA EINER ARCANGEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabaylo, 2024", 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.

Nombres y Apellidos	Firma
EINER ARCANGEL GARGATE GARCIA DNI: 70784129 ORCID: 0000-0003-1686-4420	Firmado electrónicamente por: EGARGATEGA30 el 01-07-2024 23:18:36

Código documento Trilce: TRI - 0784435

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mi familia, por ser los seres que más quiero en esta vida, también a Dios por llevarme al camino del aprendizaje.

## **Agradecimiento**

A Dios por haberme aconsejado en seguir avanzando mi tesis y a mi familia que deben sentirse orgullosos de mí.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del autor .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	v
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	11
III. RESULTADOS .....	20
IV. DISCUSIÓN.....	29
V. CONCLUSIONES.....	31
VI. RECOMENDACIONES .....	33
REFERENCIAS.....	
ANEXOS .....	

## Índice de tablas

Tabla 1. Composiciones químicas, óxidos más predominantes de las cenizas de cáscaras de habas. ....	7
Tabla 2. Composiciones químicas, Óxidos más resaltante de las cenizas de cáscaras de maíz .....	8
Tabla 3. Cantidad de porcentaje de materiales del suelo patrón de cada calicata. ....	17
Tabla 4. Límites y clasificación según AASTHO – SUCS.....	17
Tabla 5. Evaluación para la calicata critica C-3, se han realizado 12 especímenes a la muestra patrón .....	19
Tabla 6. Evaluación de la calicata critica C-3 y dosificaciones, 36 especímenes.	19

## Índice de figuras

Figura 1. Cosecha de habas. ....	7
Figura 2. Planta de maíz. ....	8
Figura 3. Procedimiento del muestreo para el análisis granulométrico .....	10
Figura 4. Lugar de investigación Av. Carabayllo .....	14
Figura 5. Calicata N° 1, para extracción de la muestra .....	15
Figura 6. Calicata N°2 extracción de la muestra. ....	15
Figura 7. Calicata N°3, extracción de la muestra .....	16
Figura 8. Procedimiento al ensayo granulométrico C1-C2 y C3.....	16
Figura 9. Recolección de cáscaras habas.....	17
Figura 10. Cáscaras de maíz. ....	18
Figura 11. Ubicación del lugar de estudio en lima departamento de Lima y distrito de Carabayllo .....	20
Figura 12. Excavación para la calicata 2 .....	64
Figura 13. Excavación para la calicata número 1 .....	64
Figura 14. Análisis granulométrico a las muestras para cada calicata .....	65
Figura 15. Excavación para la calicata número 3 .....	65
Figura 16. Procedimiento del ensayo de límites de consistencia. ....	65
Figura 17. Ensayo Proctor modificado para evaluar el grado de compactación ...	65
Figura 18. Ensayo de CBR para identificar del grado de soporte de las muestras más la incorporación de aditivos. ....	66

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el comportamiento físico- mecánico de la subrasante, Carabayllo 2024. El tipo de investigación fue aplicada, el nivel explicativo, el diseño experimental y sub diseño cuasiexperimental, la población fue la av. Carabayllo, la muestra conformada por 1 km, 3 calicatas de estudio y 36 especímenes, el muestreo fue no probabilístico. Los principales resultados para las propiedades físicas fueron; respecto para el Índice de plasticidad su menor valor es de 7.01%, producto de la dosificación de 25% de ceniza de Habas + 15 de Ceniza de Maíz. Para la capacidad de soporte el máximo valor de CBR fue de 11.32% al 95 de la MDS con una dosificación de 25% CH + 15% CM, para el grado de compactación el mayor aumento se obtuvo la combinación de 25% de CH+ 15% CM con un valor de 1.99 g/cm<sup>3</sup> siendo la máxima densidad que puede alcanzar la muestra al ser compactada. Finalmente, la estabilización con cenizas de habas y maíz con la dosificación de 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz, influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante Carabayllo.

Palabras clave: Cenizas habas y maíz, estabilización, comportamiento físico y propiedades mecánicas.

## **Abstract**

The objective of this research work was to evaluate how the addition of bean and corn ash influences the physical-mechanical behavior of the subgrade, Carabayllo 2024. The type of research was applied, the explanatory level, the experimental design and quasi-experimental sub-design, the population was av. Carabayllo, the sample consisted of 1 km, 3 study pits and 36 specimens, the sampling was non-probabilistic the main results for the physical properties were; Regarding the Plasticity Index, its lowest value is 7.01%, product of the dosage of 25% Bean Ash + 15 Corn Ash. For the support capacity, the maximum CBR value was 11.32% at 95% of the MDS with a dosage of 25% CH + 15% CM, for the degree of compaction the greatest increase was obtained with the combination of 25% CH + 15% CM with a value of 1.99 g/cm<sup>3</sup>, being the maximum density that the sample can reach when compacted. Finally, stabilization with bean and corn ash with a dosage of 25% C. C. beans - 15% C. C. corn, positively influences the physical and mechanical properties of the Carabayllo subgrade.

Keywords: Bean and corn ash, stabilization, physical behavior and mechanical properties

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la infraestructura de carreteras desempeña un papel decisivo en el progreso social y se ha convertido en un componente significativo de la vida cotidiana de aquellos que conforman la población. El tipo de transporte utilizado por las personas en una explícita área pende en gran disposición de su lugar de origen. Esto se debe a que, en algunas zonas provinciales la infraestructura vial puede estar en un estado inadecuado para la circulación, lo que dificulta el tráfico de vehículos.

A nivel internacional, Jerez et al (2018, p.5) señala que la red de carreteras rescata un papel primordial en el avance de las comunidades. Si se administra de manera integral, teniendo en cuenta tanto su impacto ambiental como su influencia en la sociedad, puede contribuir positivamente a la economía y favorecer el desarrollo formal y comercializar sus productos. Respecto a esto, la preservación del medio ecológico es de aumento categórico, para garantizar el bienestar de la sociedad y de generaciones futuras. Domínguez (2022, p.11) opina que el crecimiento significativo en el uso de sustancias contaminantes se vuelve más preocupante cuando tomamos en cuenta que muchas de ellas se convierten en contaminantes persistentes, ya sea debido a la prolongada exposición, la cantidad utilizada, o la naturaleza de las moléculas liberadas al entorno. Por este motivo, es necesario innovar en los materiales que permitan mejorar la calidad de los suelos a partir de productos naturales aptos que no sean nocivos para el ambiente.

A nivel nacional, los materiales alternativos más recomendados son los de origen orgánico porque no contienen componentes artificiales por ende no provocarían un impacto ambiental. Hay muchas opciones que se pueden considerar ya que el Perú tiene diferentes tipos de suelos por regiones, por lo que producen recursos naturales variados como frutas, verduras, tubérculos, etc. Es así que, los estabilizadores deben ser eficientes y sostenibles para permitir la reutilización del suelo natural con cualidades propias. Según, Armas, et al (2022, p.14) los suelos arcillosos generalmente poseen una gran resistencia, lo que se convierte en un desafío dado que tienden a hincharse en la presencia de agua. Actualmente, existen estabilizadores convencionales como el cemento y cal, junto con estabilizadores no

conservadores como ceniza volante, los polímeros y la combinación de ambos. Considerando esto, el Perú cuenta con regiones diferentes que contemplan suelos y producciones característicos que deben examinarse minuciosamente al momento de realizar el diseño de pavimentación.

A nivel local, el estudio vial debe considerar las cualidades propias de la zona como el caso de Lima que cuenta con terrenos con alto contenido de humedad por su proximidad al mar o el paso de los ríos. En este caso, el distrito de Carabaylo cuenta con secciones que bordean el Río Chillón por lo cual fue necesario verificar las condiciones en las cuales se encontraba el suelo de estudio. Este análisis debe sustentar si dicho suelo es apto para la pavimentación afirmado, igualmente sí se requerirá de un mejoramiento previo de las condiciones del suelo.

Es así, que es necesario mejorar las propiedades físico - mecánicas de la subrasante adicionando productos naturales, como las cenizas de habas y maíz. Ya que, estos productos naturales abundan en la región costera, tanto en campos de cultivo como a nivel nacional, porque estas cáscaras son desechos de la materia prima, por lo cual el correcto manejo de desperdicios puede evitar que su proceso de eliminación cause más contaminación si se hace de manera adecuada aprovechando los beneficios que aportan a los suelos con baja capacidad de soporte. Por este motivo, se plantea el **problema general** ¿Cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el comportamiento físico- mecánico de la subrasante, Carabaylo 2024?; Problemas específicos: ¿Cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el índice de plasticidad de la subrasante, Carabaylo, 2024?; ¿Como influye la adición de cenizas de habas y maíz en el grado de compactación de la subrasante, Carabaylo, 2024?; ¿Como influye la adición de cenizas de habas y maíz en la capacidad de soporte de la subrasante, Carabaylo, 2024?; ¿Como influye la adición de cenizas de habas y maíz en la compresión no confinada de la subrasante, Carabaylo, 2024?.

De esta manera, las justificaciones que se determinaron respecto al proyecto de investigación son la **justificación teórica** en la que se propuso el mejoramiento de la subrasante con cenizas de habas y maíz por ser considerados aditivos naturales,

además sus cáscaras contienen altos porcentajes de sílice junto con propiedades puzolánicas importantes para suelos aptos, pero que al ser desechos orgánicos son beneficiosos para el medioambiente, y la **justificación práctica**, se focalizó en el estudio de suelos ya que se identificó las propiedades importantes como indicadores medibles en la aplicación de las cenizas de habas y maíz, los ensayos que se implementaron fueron la granulometría, capacidad de soporte del suelo (CBR), los límites de Atterberg y ensayo de compactación de Proctor modificado, para registrar datos cuantificables medibles de cada muestra propuesta que permitieron evaluar la mejora de la subrasante junto con un porcentaje óptimo del material planteado.

Para esta investigación se planteó el objetivo general: Evaluar cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el comportamiento físico - mecánico de la subrasante, Carabayllo, 2024. Asimismo, como objetivos específicos, en relación con la variable dependiente\_ Evaluar la influencia de las cenizas de habas y maíz en el índice de plasticidad de la subrasante, Carabayllo 2024. Evaluar la influencia de las cenizas de habas y maíz en el grado de compactación en la subrasante, Carabayllo 2024. Evaluar la influencia de las cenizas de habas y maíz en la capacidad de soporte de la subrasante, Carabayllo 2024. Evaluar la influencia de las cenizas de habas y maíz en la compresión no confinada de la subrasante, Carabayllo 2024.

En consideración al proyecto de investigación, se planteó como hipótesis general, la adición de cenizas de habas y maíz influye en el comportamiento físico - mecánico de la subrasante, Carabayllo 2024. Distinguiendo como las hipótesis específicas, La adición de cenizas habas y maíz influye positivamente en el índice de plasticidad la subrasante, Carabayllo 2024. La adición de cenizas habas y maíz influye positivamente en el grado de compactación en la subrasante, Carabayllo 2024. La adición de cenizas habas y maíz influye positivamente en la capacidad de soporte de la subrasante, Carabayllo 2024 y así como, La adición de cenizas habas y maíz influye positivamente en la compresión no confinada subrasante, Carabayllo 2024.

Argandoña y Palomino (2019) tuvieron como objetivo principal analizar las características físicas y mecánicas del suelo extraído de la Apv. Kari Grande, ubicado en la vía Rumi Wasi en Cusco. Este suelo será tratado con combinaciones

de ceniza de cáscara de arroz y cal en proporciones del 7%-5%, 12%-5% y 15%-5% para su estabilización a nivel de subrasante. Fue un estudio con enfoque cuantitativo, como instrumentos se llevaron a cabo pruebas de límite líquido, límite plástico, ensayo Proctor modificado y determinación de la relación de soporte de California CBR en muestras de mezclas de suelo con diferentes proporciones de ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal. Estas proporciones incluyen 7% de CCA + 5% de CAL, 12% de CCA + 5% de CAL y 15% de CCA + 5% de CAL. Resultando que, La combinación de ceniza de cáscara de arroz y cal aumentó el índice de soporte California CBR del suelo arcilloso de su estado natural, elevándolo del 4.45% al 28.09% lo cual representó según la categoría de subrasante muy buena sustentado en el alto porcentaje de sílice dentro de la ceniza de cáscara de arroz de 86.80% confirmando su potencial como agente estabilizador para suelos arcillosos. Por lo que se concluyó, que observaron aumentos mínimos en relación al límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad, y también se registró una disminución poco notable en la densidad máxima del suelo, pero su máxima diferencia fue en el mejoramiento del porcentaje de CBR.

Cadillo (2021) su objetivo principal fue investigar cómo la adición de ceniza de tuna afecta las propiedades de la subrasante en la carretera Tinco – Ataquero en el año 2021. Este estudio se llevó a cabo como un experimento de naturaleza aplicada. Su población fueron 2 kilómetros de subrasante de la carretera mencionada conformado por 01 calicata de muestra y muestreo no probabilístico por conveniencia. Como principales hallazgos el suelo, originalmente una arcilla limosa inorgánica, presentaba una máxima densidad seca de 1.85 gr/cm<sup>3</sup>, contenido óptimo de humedad del 7.61%, y un CBR de 5.51%. Al incorporar ceniza de tuna en tres dosificaciones propuestas (4%, 6% y 8%), se observó el mejor resultado con una adición del 6%, logrando una máxima densidad seca de 1.92 gr/cm<sup>3</sup> y un CBR de 8.62%. Esto indica que la ceniza de tuna es un agente estabilizador efectivo que mejora tanto las propiedades físicas como mecánicas del suelo arcilloso limoso, permitiéndolo ser utilizado como una subrasante estabilizada del suelo arcilloso limoso, permitiéndolo ser utilizado como una subrasante estabilizada.

Vargas et al (2020) tuvieron como objetivo general examinar las características de un suelo no tratado, combinarlo con ceniza obtenida de la cascarilla de café (CCC), y someterlo a pruebas de laboratorio con el fin de determinar un método de estabilización. Este estudio se llevó a cabo con dichos propósitos con diseño experimental y enfoque cuantitativo, como instrumentos ejecutaron los ensayos de granulometría, Proctor y CBR. Aplicaron dosificaciones de 0%, 4%, 8% y 14% de ceniza de cascarilla. Resultando con mayor densidad seca máxima de 2.05 gr/cm<sup>3</sup> y CBR de 14%. en la adición de 14% de cenizas. Concluyendo que la opción más adecuada para incorporar la cascarilla de café (CCC) resultó ser del 14% porque se obtuvieron los resultados más destacados en relación a las fuerzas ejercidas, resultando económico, sustentable y amigable con el medio ambiente, por el aumento en las particularidades físicas y mecánicas de la tierra en el contexto de una estructura de pavimento afirmado.

Karami et al (2021) sostuvieron como objetivo general evaluar la rutina de agregados suplenes en la estabilidad de tierras a pie de cenizas volantes para subrasantes blandas. Esta investigación fue de tipo aplicada experimental, como muestra se recolectó material de un sitio de excavación terrestre en la región de Melbourne a 2 metros de profundidad. Se obtuvieron como resultados la clasificación SUCS de suelo de grano fino, con un límite líquido inferior a 50 y clasificado CL. La mezcla de suelo y cenizas volantes se mezcló en 3 dosificaciones, 0%, 7.5% y 15%. Con resultados máximos de óptimo contenido de humedad del 19% y densidad máxima seca de 1,76 g/cm<sup>3</sup>. CBR de 6.6% para el suelo sin tratar y un promedio de 10.7% para cenizas volantes de 15%. Concluyendo que, a medida que el contenido de cenizas volantes aumenta del 7.5% al 15%, este comportamiento mecánico se vuelve más prominente.

Adnan et al (2023) en su proyecto de investigación tuvieron como principal objetivo, estabilizar la subrasante con cal y cenizas de bagazo, para lo cual se usaron dosificaciones de 10%, 15%, 20% y 25%. Los resultados demostraron que las mejoras en las propiedades mecánicas del suelo aumentaron drásticamente, aunque ya se conocía que la cal es un buen estabilizante, las cenizas también

aportaron aumentos positivos. Por lo tanto, los hallazgos encontrados apuntan no solo a los aspectos técnicos sino también a los económicos, ya que, al usar cenizas de residuos de desperdicio, el estabilizante natural es una buena opción para reducir costos y además estoy ayudando a preservar mejor el medio ambiente al ser un producto ecológico.

Abdullah (2020) su objetivo principal fue la evaluación de la resistencia, rigidez y comportamiento de arcillas marinas depositadas en Chipre estabilizadas con ceniza de madera. se reemplazó con cenizas de madera al 5% y 10% con dos densidades secas diferentes (1400 y 1600 kg/m<sup>3</sup>) y tres períodos de curado distintos (7, 28 y 60 días). La población fue el suelo arcilloso del Sur de Chipre, la muestra fue arcilla marina de la cordillera de Kyrenia y el muestreo fue no probabilístico. Los resultados revelaron que la sustitución del cemento por un 5% de ceniza de madera produjo un rendimiento superior, igualmente las características de porosidad, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción de la rotura aumentaron. Concluyeron que el 5% de reposición de cenizas de madera parece ser el porcentaje de reposición óptimo para mejorar las propiedades de la matriz y la sustitución del cemento por un 5% de ceniza de madera mejora la cohesión, y por encima de este nivel de sustitución al 10% se produce una reducción de la cohesión.

Para lo siguiente se presenta teorías y conceptos que serán relacionados con las variables independientes y dependiente, bajo reglamentos para la comprensión de esta investigación. Las habas es una planta que ha sido considerado como leguminosas con mayor cosecha a nivel mundial por su alto componente nutricional, este producto será esencial y primordial para la presente investigación, ya que sus cáscaras serán usadas como cenizas. Sus orígenes son de la Sierra alta del Perú, en la actualidad son encontrados en diversos países, este vegetal ha sido estudiado con el fin de evaluar su estructura como recurso que permita el desarrollo de herramientas biotecnológicas innovadoras para promover su aplicación en actividades de investigación (Pratap y Gupta, 2020, p.22).



*Figura 1. Cosecha de habas.*

**Tabla 1.** *Composiciones químicas, óxidos más predominantes de las cenizas de cáscaras de habas.*

<b>C. Cáscaras de habas</b>	<b>Composición (%)</b>
Óx. De Potasio	81.34
Óx. Magnesio	10.56
Óx. Calcio	3.45

La planta de maíz es originaria de México, fue el primer país que cultivo las semillas, en la actualidad los cultivos agrícolas de maíz son en el Perú por su tipo de suelo, en las sierras altas son expertos agrónomos en cultivo de maíz, por lo cual este producto será necesario para esta investigación como variable, porque tendrá un efecto positivo como ceniza al suelo por su composición, ya que resaltan la importancia del maíz como materia prima para la producción de bioetanol combustible y subproductos como fitoquímicos o compuestos asociados en las ramas ingenieriles, sin embargo sus propiedades inherentes junto con una dosificación regulada provocan alteraciones considerables en las propiedades del material evaluado (Serna, 2018, p. 20).



*Figura 2. Planta de maíz.*

**Tabla 2.** *Composiciones químicas, Óxidos más resaltante de las cenizas de cáscaras de maíz.*

<b>C. Cáscaras de habas</b>	<b>Composición (%)</b>
Óx., K <sub>2</sub> O	81.34
Óx., MgO	10.56
Óx., CaO	3.45

Una alternativa para disminuir la contaminación en la industria de la construcción es la aplicación de agentes aglutinantes alternativos. De esta manera, se emplean desechos industriales y agrícolas que son abundantes en sílice, como las cenizas volantes y la sílice amorfa junto a las cenizas de materias orgánicas, como sustitutos del cemento en la elaboración de concreto alterado (Krithika y Ramesh, 2020, p. 908).

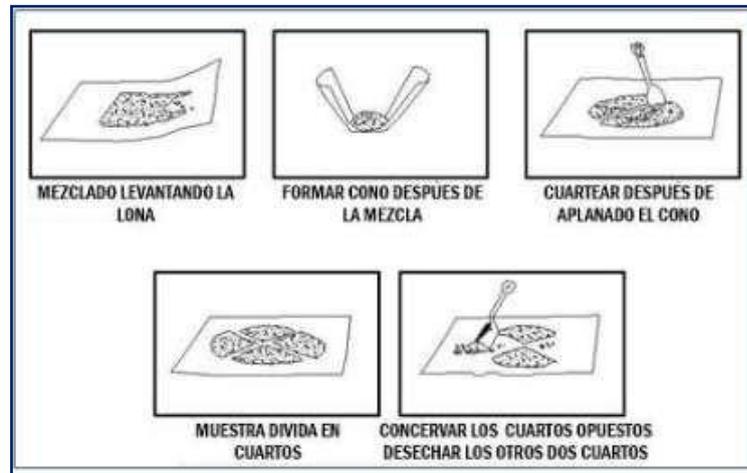
Esta opción es más amigable con el medio ambiente, ya que permite reducir la generación de problemas ambientales al eliminar grandes volúmenes de desechos que de otro modo serían enviados a vertederos, además de aprovechar las propiedades de estos productos orgánicos, en ese caso algunos investigadores han incorporado material cementante alternativo mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña en proporciones de 5%, 15% y 25% en la

fabricación de concreto modificado, se observó que la resistencia a la compresión, a la tracción y a la flexión fue más elevada con un reemplazo del 5% (Srinivasan y Sathiya, 2010, p.63). Debido a la ausencia de un protocolo estandarizado con el propósito de estabilizarsuelos utilizando materiales de origen orgánico alternativos, se propuso elaborar combinaciones adicionando distintos porcentajes a la mezcla de suelo natural conel propósito de determinar el rendimiento o tendencia óptimos en relación con el comportamiento del material estabilizado, esto a través de la evaluación de ciertas propiedades físicas y mecánicas. Actualmente, la estabilización de suelos inapropiados se logra a través de la utilización de elementos tales como cal, arena, fibra de coco, escoria granulada de alto horno y cenizas volantes. Estos materialesson capaces de mejorar las propiedades mecánicas del suelo, que se pueden medir mediante el ensayo de CBR con los resultados del contenido óptimo de humedad, densidad y CBR (Dhar y Hussain, 2019, p.3).

En relación con la aplicación de estas opciones, la investigación sobre la estabilización de suelos blandos con la adición de cenizas de carbón fue favorable para las características mecánicas del terreno natural, ya que la adición al 10% del material aumentó la resistencia al corte, además del nivel ideal de humedad y la densidad (Rajakuma et al, 2020, p.236). Lo que resulta en una mejoría de sus propiedades mecánicas. Por lo que se infiere que, mejorar el conjunto de estas características conlleva a reducir el grosor de las capas que conformarán la estructura del pavimento planteado.

A continuación, la variable dependiente tendrá un rol importante, de los cuales conoceremos conceptos teóricos sobre la subrasante y los ensayos importantes para esta investigación según el manual de ensayos de materiales (MTC, 2016). Análisis granulométrico (MTC E 106), es un método de ensayo para identificar las constantes del suelo, para realizarse será necesario obtener la muestra un peso aproximado de 120 g, ya que pasaran por varios tamaños de tamices de cuales son 3/8", 3/4" 1", 1. 1/2", 2", 3", N°4, N°10, N°20, N°60, N°140 y fondo N°200 con aberturas en milímetros dependerá del tipo de suelo y el rango en finos y gruesos, los equipos utilizados será la balanza, los tamices que estén certificados con la NTP 350.001 y

el cuarteo bajo la norma técnica del MTC 105.



*Figura 3.* Procedimiento del muestreo para el análisis granulométrico.

## II. METODOLOGÍA

**Tipo y diseño de investigación,** de acuerdo con, Cabero (2018, p.152) la investigación aplicada se sustenta en la búsqueda de nuevas formas de abordar problemas específicos aplicando los hallazgos de la investigación en la práctica básica y el conocimiento existente. Su objetivo es encontrar aplicaciones prácticas y alcanzar objetivos específicos dentro del campo de estudio. Por esta razón, se optó por llevar a cabo una investigación de tipo aplicada, con el propósito de determinar el impacto de la incorporación de cenizas de habas y maíz en la subrasante Carabayllo, 2024, utilizando enfoques metodológicos, conocimiento científico, estudios previos y tecnologías conectadas directamente al proyecto de investigación.

**Enfoque de la investigación,** Lieser et al (2018, p.4) en la investigación suelen aplicarse dos enfoques: cuantitativo y cualitativo. El enfoque cuantitativo implica la recopilación de datos con el fin de verificar o desacreditar hipótesis basadas en la evaluación numérica y el análisis estadístico. En cambio, el enfoque cualitativo utiliza la recopilación de referencias para revelar nuevas preguntas adicionales al tema principal. En este proyecto se utilizó el enfoque cuantitativo, ya que los indicadores investigados fueron cuantificados a través de ensayos de laboratorio para identificar si estas características eran favorables para las hipótesis propuestas.

**Diseño de investigación,** es la estrategia de investigación, puede ser experimental o no experimental es la técnica utilizada para obtener los datos necesarios en el contexto del tipo de investigación puede clasificarse como experimental o no experimental, dependiendo del nivel de control sobre las variables involucradas por parte del investigador. Según, Stanley et al (2015, p. 112), el diseño experimental modifica intencionalmente la variable independiente y posteriormente, examina sus consecuencias en condiciones reguladas, con la supervisión del investigador en todo el proceso de experimentación. Esta investigación se basó en el diseño experimental ya que, la muestra del terreno natural fue alterada mediante variadas

dosificaciones con el objetivo de analizar cómo afectarían estas variaciones a las características físicas y mecánicas de la subrasante.

**Variables**, la organización para la Economía Cooperación y Desarrollo (2015, p. 5) señala que las variables representan las distintas cualidades o aspectos que los objetos bajo análisis pueden adoptar, y pueden estar interconectadas, contribuyendo así a la formulación de la hipótesis de investigación. En este estudio en particular, se evaluaron los impactos derivados de las relaciones entre las variables sugeridas, descomponiéndolas de la siguiente forma: Variable 1 (VI): Cenizas de habas y maíz., variable 2 (VD): Comportamiento físico – mecánico de la subrasante.

**Población**, Arias (2012, p.133) en la investigación se refiere al grupo de individuos o elementos que se busca comprender o estudiar. Este conjunto abarca una amplia gama de posibilidades, como personas, animales, registros médicos, datos de natalidad, resultados de encuestas, entre otros ejemplos. Criterios de inclusión: son los atributos específicos que un individuo o elemento de análisis debe poseer para formar parte de la investigación. Por lo que, se seleccionó el tramo que cuenta con las características propias de un suelo Limo Arcilloso este caso, la población será 8 kilómetro de longitud de la carretera Carabayllo, considerando el tramo perteneciente al distrito de Lima.

**Muestra**, Ventura (2017, p.2) sostiene que la muestra representa una porción restringida de la población. Se determinó como criterio de inclusión 1 km de la carretera Torre blanca, Carabayllo del tramo 23 + 000 al 24 + 000 km, ya que es el tramo que presenta desgaste parcial casi total de la capa asfáltica, además se determinó según la de cuadro de exploración del (MTC, 2014) utilizar como un mínimo de 3 calicatas por kilómetro, por centrarse en las características propias que el investigador escogió de manera independiente 36 especímenes para esta investigación.

**Muestreo**, Otzen y Manterola (2017, p. 198) afirman que el muestreo se divide en dos principales enfoques: el muestreo probabilístico y no probabilístico, en el primer

enfoque, todos los individuos de la población tienen una probabilidad igual de ser elegidos al azar, mientras que, en el segundo, la selección es deliberada y se basa en consideraciones relacionadas con la investigación. Por esto, para la investigación se aplicó un muestreo no probabilístico intencional, porque la selección de la muestra fue intencional de acuerdo con las condiciones que el investigador consideró medibles para los indicadores propuestos.

**Técnicas de recolección de datos,** Las técnicas de investigación se emplean para investigar un fenómeno específico y analizar, obtener y presentar información pertinente relacionada con el mismo. Pueden ser encuestas, análisis documental, observación experimental y entrevistas. Pérez (2018, p.6) definió que la observación experimental requiere la formulación anticipada de una o más hipótesis que se expresan en declaraciones afirmativas, las cuales se confirmarán o refutarán según los resultados obtenidos. De estas técnicas para la investigación, se utilizó la metodología de la observación experimental para recopilar datos a través de las fichas de investigación que, a través del análisis estadístico descriptivo, posibilitó la evaluación de patrones evidentes en la información obtenida de los experimentos de laboratorio, con el propósito de validar la hipótesis general de la investigación.

**Instrumentos de recolección de datos,** Alegre (2022, p.97) en la investigación cuantitativa, el instrumento se refiere a la herramienta que el investigador emplea para registrar datos y evaluar los indicadores que se han definido. Estos instrumentos deben cumplir con tres criterios fundamentales, como la confiabilidad, la validez y la objetividad.

**Validez,** Posso y Lorenzo (2020, p.244) la validez se verifica a través de la opinión de expertos utilizando el método de la verificación de conocimientos. Este rumbo involucra un estudio cualitativo de cada sección, en el que se valoran las combinaciones para valorar indicadores. Para esta investigación, es efectuada por tres especialistas en la rama de la ingeniería civil orientada a mecánica de suelos, con sus rangos y magnitudes de validación. Adicionalmente, se comprueba con las estampillas y firmas convenientes de los técnicos escogidos (Anexo 3 validación de certificados de los 36 especímenes).

**Confiabilidad de los instrumentos,** Para Manterola (2017, p. 230) se refiere a la característica psicométrica que se relaciona con la falta de error en la medición o con el nivel de coherencia y estabilidad de las puntuaciones obtenidas en mediciones repetidas con el mismo procedimiento. Por esto, el estudio demostrará la confiabilidad en base a los instrumentos utilizados, y los equipos que han sido calibrados de manera apropiada, presentando los certificados de calibración que aseguran la precisión de los resultados de los ensayos (Anexos 2 certificados de los ensayos).

**Procedimientos,** Para desarrollar la investigación, fue necesario realizar el análisis del suelo de estudio correspondiente, esto mediante la extracción del material natural. Para luego, los elementos de estas perforaciones ser sometidos a pruebas de laboratorio. Por este motivo, se puede fraccionar el medio en periodos: Los períodos del medio fueron agrupadas de arreglo con el ambiente en que se irán desarrollando las acciones de la exploración junto con las insuficiencias específicas de cada etapa. **Fase1:** Trabajo de campo, En esta fase fue imprescindible reconocer el área de investigación en el distrito de Carabayllo e identificar el tramo de carretera se delimitó como muestra.



*Figura 4.* Lugar de investigación Av. Carabayllo.

**Fase 2:** se realizó las calicatas de manera alternada al tramo de la vía a investigar, con dimensiones 0.50 m de ancho, con 1.20 m de largo y de fondo mayor a 1.50 m, para después extraer las muestras testigo aproximadamente 15 kg para realizar el

ensayo de granulometría y los límites de Atterberg. Ubicación de las calicatas:



*Figura 5. Calicata N° 1, para extracción de la muestra.*



*Figura 6. Calicata N°2 extracción de la muestra.*



*Figura 7. Calicata N°3, extracción de la muestra.*

**Fase 3:** Asimismo, se llevaron a ensayar las muestras de suelos de la C1, C2 y C3, para identificar los porcentajes de materiales y composición.



*Figura 8. Procedimiento al ensayo granulométrico C1-C2 y C3.*

**Tabla 3.** Cantidad de porcentaje de materiales del suelo patrón de cada calicata.

NUMERO DE EXCAVACIONES	GRAVA	ARENA	LIMOS Y ARCILLAS
Calicata N° 1	2.03 %	12.89 %	85.08 %
Calicata N° 2	2.12 %	13.03 %	84.85 %
Calicata N° 3	2.08 %	12.56 %	85.36 %

**Tabla 4.** Límites y clasificación según AASTHO – SUCS:

EXCAVACION	AASTHO	SUCS	L. LIQUIDO	L. PLASTICO	I. PLASTICIDAD
Calicata N° 1	A-7-6	ML	38.533	28.987	9.546
Calicata N° 2	A-7-6	ML	38.023	28.345	9.678
Calicata N° 3	A-7-6	ML	38.222	28.675	9.547

**Fase 4:** Para esta fase se hizo la recolección de hojas de habas y de maíz, ya que estos productos en la gran mayoría son desechos naturales y no tienen otro tipo de uso, es por ello que son arrojados y en algunos casos quemados, se eligió el mercado más cercano al lugar de estudio (Carabayllo) para poder recolectar dichos productos. El siguiente paso fue limpiar los productos de impurezas que puede perjudicar el proceso de investigación, para luego ser acopiado y secado.



*Figura 9.* Recolección de cáscaras habas.



*Figura 10. Cáscaras de maíz.*

**Fase 5:** Finalmente se hizo un previo secado de las Cáscaras de habas y de maíz, aproximadamente de 1 día, para luego tener un resultado homogéneo. Será trasladado al laboratorio donde se realizará el quemado a temperatura de 500°C para la conversión a ceniza de ambos productos y así añadir a las muestras para sus ensayos convenientes.



*Figura 14. Cenizas de Cascaras de habas y maíz.*

Asimismo, se realizará la composición química de cada producto en cenizas para identificar sus óxidos.

**Tabla 5.** Resultados del ensayo de Proctor modificado de la M. P.

Muestra patrón	O. C. H. (%)	M. D. S. (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (95%)	CBR (100%)
Calicata 1	7.2	1.87	6.43	8.67
Calicata 2	7.4	1.87	6.34	8.52
Calicata 3	7.3	1.88	5.86	6.32

**Tabla 5.** Evaluación para la calicata crítica C-3, se han realizado 12 especímenes a la muestra patrón:

ENSAYOS	c-1	c-2	c-3
Análisis Granulométrico (MTC E-107/ASTM D422)	1	1	1
límites de consistencia (MTC E-111/ASTM D4318)	1	1	1
Proctor modificado (MTC E-115 /ASTM D-1557)	1	1	1
CBR (MTC E-107/ASTM D1883)	1	1	1
Compresión no confinada ASTM D-2166	1	1	1

**Tabla 6.** Evaluación de la calicata crítica C-3 y dosificaciones, 36 especímenes.

Ensayos	Límites de consistencia	Proctor modificado	CBR	Compresión no confinada
15% CCH - 5% CCM	1	1	1	1
15% CCH - 10% CCM	1	1	1	1
15% CCH - 15% CCM	1	1	1	1
20% CCH - 5% CCM	1	1	1	1
20% CCH - 10% CCM	1	1	1	1
20% CCH - 15% CCM	1	1	1	1
25% CCH - 5% CCM	1	1	1	1
25% CCH - 10% CCM	1	1	1	1
25% CCH - 15% CCM	1	1	1	1

### III. RESULTADOS

#### Descripción de la zona de estudio

El presente estudio se hizo en la carretera del Carabaylo en el tramo Torre blanca en la provincia y departamento Lima.

#### Nombre del proyecto

Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabaylo, 2024

#### Ubicación política

Distrito: Carabaylo

Provincia: Lima

Departamento: Lima.



Figura 11. Ubicación del lugar de estudio en lima departamento de Lima y distrito de Carabaylo.

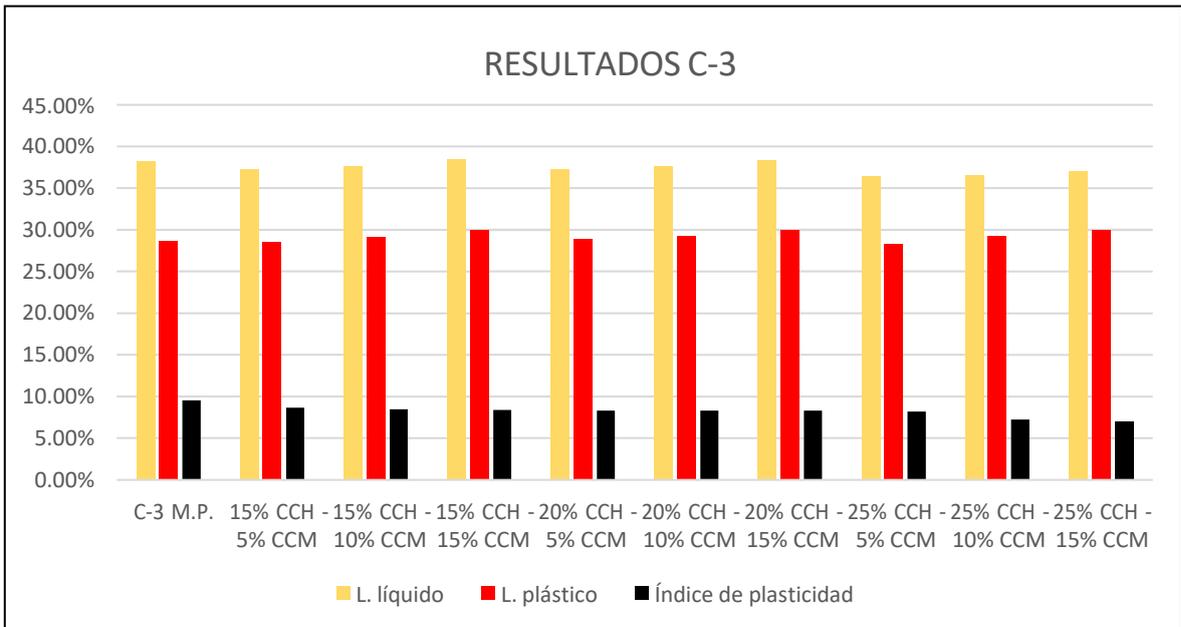
**Objetivo específico 1:** Evaluar la influencia de las cenizas de habas y maíz en el índice de plasticidad de la subrasante, Carabayllo, 2024.



Figura 16. Ensayo de límites de consistencia.

**Tabla 6.** Resultados de límites de consistencia de la M. P. + la adición de cenizas de cáscaras de habas – maíz.

Muestra	Dosificación	Límites de consistencia		Índice de plasticidad	Disminución del IP.
		L. líquido	L. plástico		
C-3	C-3 M.P.	38.22 %	28.68 %	9.55%	0.00%
	15% CCH - 5% CCM	37.22 %	28.58 %	8.64%	9.50%
	15% CCH - 10% CCM	37.55 %	29.10 %	8.45%	11.49%
	15% CCH - 15% CCM	38.40 %	30.02 %	8.38%	12.22%
	20% CCH - 5% CCM	37.23 %	28.92 %	8.31%	12.96%
	20% CCH - 10% CCM	37.60 %	29.30 %	8.30%	13.06%
	20% CCH - 15% CCM	38.30 %	30.01 %	8.29%	13.17%
	25% CCH - 5% CCM	36.43 %	28.25 %	8.18%	14.32%
	25% CCH - 10% CCM	36.52 %	29.30 %	7.22%	24.37%
25% CCH - 15% CCM	37.02 %	30.01%	7.01%	26.57%	



*Figura 17.* Diagrama de resultados de límites de consistencia (C-3).

**Interpretación:**

De acuerdo a la tabla N°6 y al diagrama N° 17, se puede visualizar que al incorporarse C.C. habas y C.C. maíz, el índice de plasticidad para todas las dosificaciones disminuye con una variación progresiva, alcanzando su menor índice de plasticidad de 7.01% con una disminución del 26.56% con respecto a la muestra patrón, habiéndose usado la combinación de 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz. Según el Manual de suelos (MTC, 2014, p. 50), el índice de plasticidad para suelos clasificados como arcilloso limosos (ML) se deben manejar en un rango mínimo de 6% y un máximo de 11%, para lo cual podemos observar que los valores de IP de la tabla N°6 se encuentran dentro de ese rango.

**Objetivo 2:** Evaluar cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en la compactación de la subrasante, Carabayllo, 2024.



Figura 18. Ensayo de Proctor modificad

**Tabla 7.** Resultados del ensayo de Proctor modificado de la M. P. + la adición de cenizas de cáscaras de habas – maíz.

Muestra	Dosificación	O. C. H. (%)	M. D. S. (gr/cm <sup>3</sup> )
C-3	15% CCH - 5% CCM	9.34	<b>1.90</b>
	15% CCH - 10% CCM	9.76	<b>1.91</b>
	15% CCH - 15% CCM	10.65	<b>1.92</b>
	20% CCH - 5% CCM	9.10	<b>1.94</b>
	20% CCH - 10% CCM	9.05	<b>1.95</b>
	20% CCH - 15% CCM	8.67	<b>1.95</b>
	25% CCH - 5% CCM	8.55	<b>1.96</b>
	25% CCH - 10% CCM	8.34	<b>1.97</b>
	25% CCH - 15% CCM	8.23	<b>1.99</b>

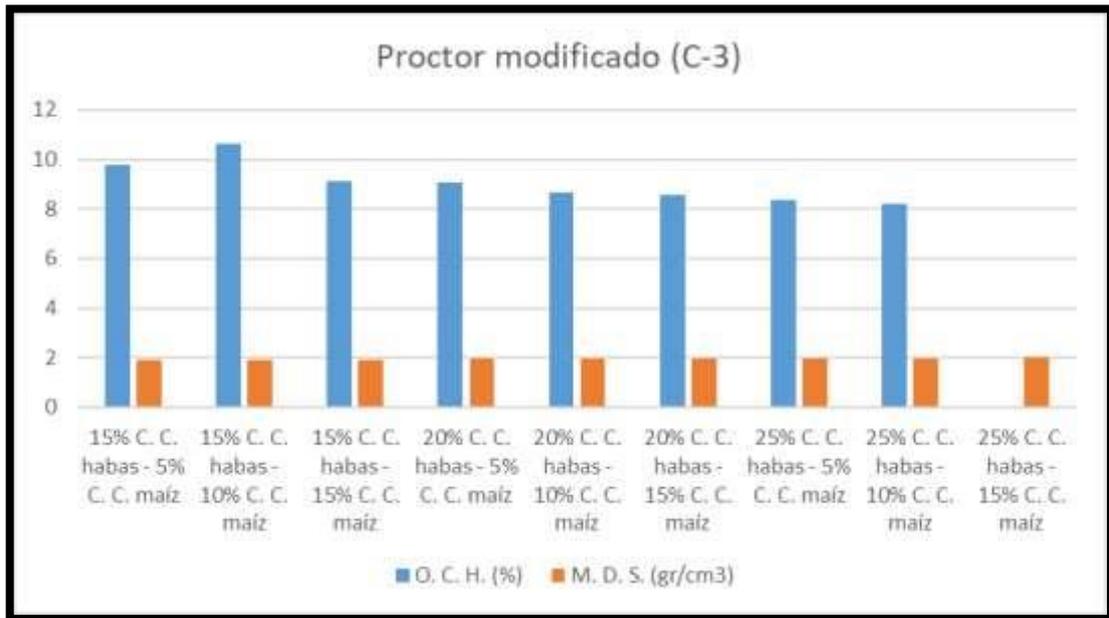


Figura 19. Diagrama de resultados del Proctor modificado (C-3).

### Interpretación:

En la tabla N°7 y en el diagrama de barras N° 19, se puede observar que la adición de cenizas de habas y maíz causan una disminución no progresiva en el óptimo contenido de humedad, alcanzando su menor porcentaje con el 8.23 % correspondiente a la combinación de 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz, por otro lado, en el cuadro y grafico ya mencionados se puede visualizar que los valores de la MDS varían progresivamente alcanzado su mayor valor de 1.99 gr/cm<sup>3</sup>, usándose también la dosificación 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz. Entonces existen una relación entre la disminución de OCH y el aumento de la MDS provocada por la adición de C.C. habas y maíz.

**Objetivo 3:** Evaluar cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en la capacidad de soporte en la subrasante, Carabaylo, 2024.



Figura 20. Ensayo de CBR

**Tabla 8.** Resultados del ensayo de CBR de la M. P. + la adición de cenizas de cáscaras de habas - maíz

Muestra	Dosificación	95% (M. D. S.)	100% (M. D. S.)
C-3	15% CCH - 5% CCM	5.86	6.32
	15% CCH - 10% CCM	<b>6.54</b>	8.38
	15% CCH - 15% CCM	<b>7.18</b>	9.10
	20% CCH - 5% CCM	<b>8.43</b>	10.63
	20% CCH - 10% CCM	<b>8.23</b>	10.33
	20% CCH - 15% CCM	<b>8.25</b>	11.75
	25% CCH - 5% CCM	<b>9.45</b>	13.45
	25% CCH - 10% CCM	<b>9.40</b>	13.30
	25% CCH - 15% CCM	<b>11.09</b>	16.29
	15% CCH - 5% CCM	<b>11.32</b>	17.22

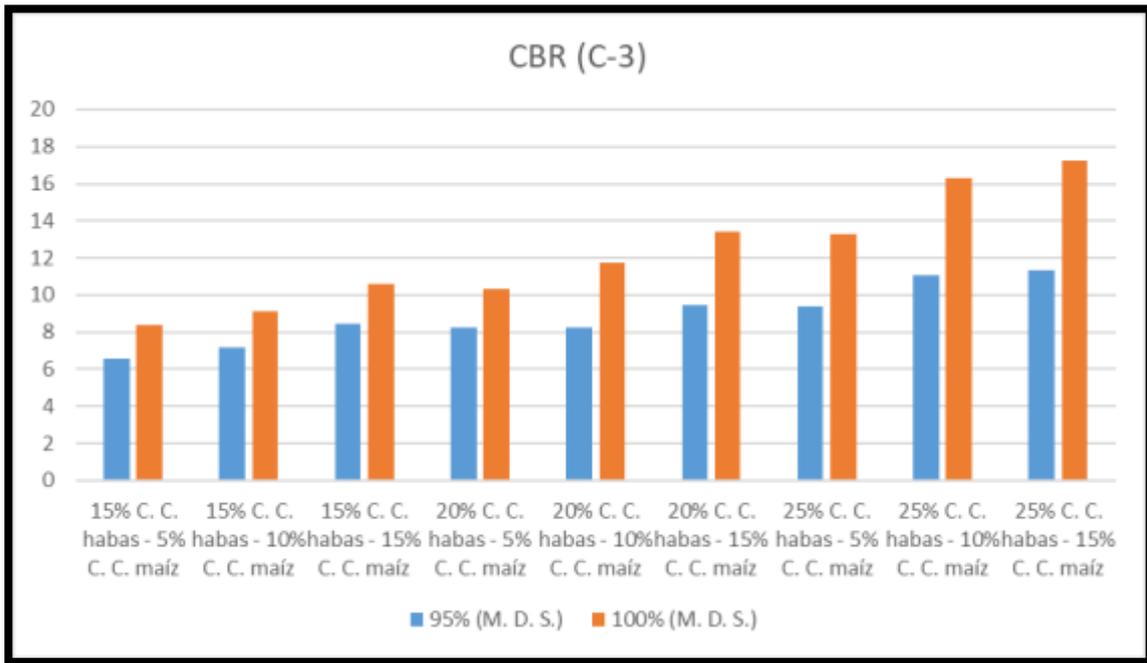


Figura 21. Diagrama de resultados del CBR (C-3).

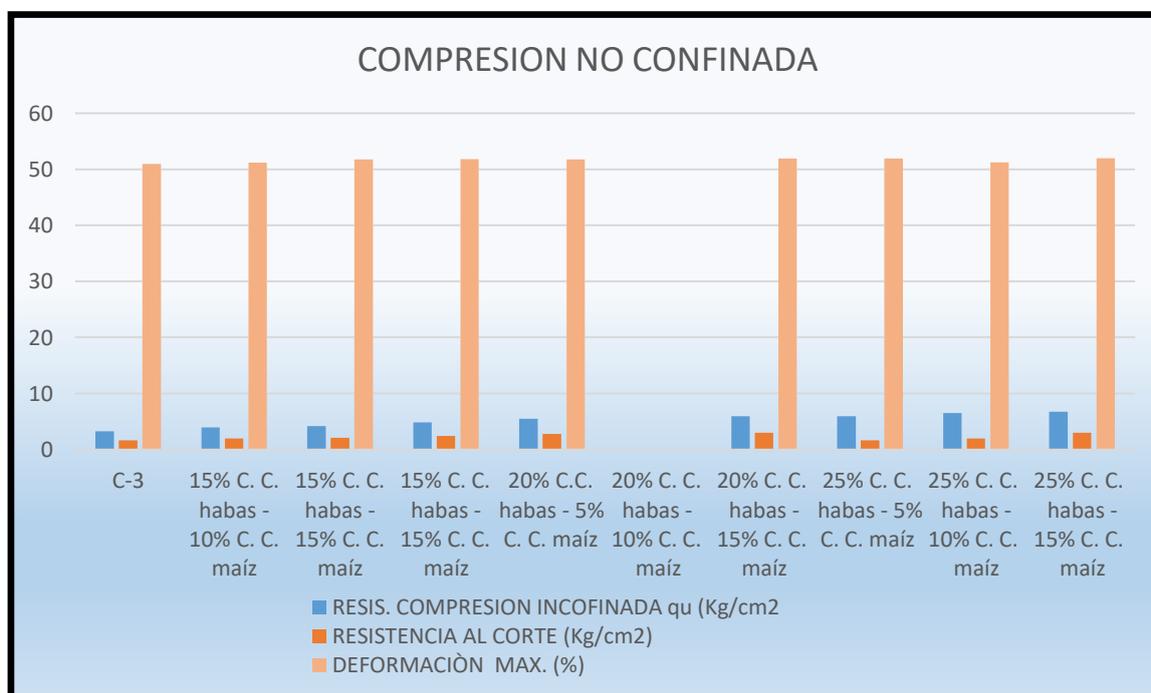
**Interpretación:**

En la tabla N°8 y la figura de barras N° 21, se visualiza que la incorporación C.C habas y C.C. maíz genera una variación de aumento constante en el índice de la capacidad de soporte (CBR), teniendo su mayor valor de 11.32% al 95% y de 17.22% al 100% de la MDS, con la combinación de 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz. Se puede observar que la adición es constante con respecto al valor del CBR de la muestra patrón. Estos nuevos valores de CBR cumplen con el cuadro de clasificación de subrasante del Manual de suelos y pavimentos (MTC,2014, p.36), donde nos indica que el CBR de una subrasante que va a soportar a una estructura vial debe tener 6% de CBR como mínimo.

**Objetivo específica 4:** Evaluar la influencia de las cenizas de habas y maíz en la comprensión no confinada en la subrasante, Carabayllo 2024.

**Tabla 9.** Cuadro de resultados de la calicata 3 + las combinaciones de CCH y CCM.

Calicata critica	RESIS. COMPRESION INCOFINADA qu (Kg/cm2)	RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm2)	DEFORMACIÒN MAX. (%)
C-3	3.298	1.648	50.941
15% CCH - 5% CCM	3.981	1.981	51.154
15% CCH - 10% CCM	4.203	2.104	51.751
15% CCH - 15% CCM	4.852	2.425	51.805
20% CCH - 5% CCM	5.505	2.752	51.756
20% CCH - 10% CCM	5.954	2.974	51.897
20% CCH - 15% CCM	5.964	1.645	51.943
25% CCH - 5% CCM	6.526	1.981	51.256
25% CCH - 10% CCM	6.725	2.974	51.978
25% CCH - 15% CCM	7.254	2.981	51.996



**Figura 22.** Diagrama de barras representando los resultados del ensayo compres. No confinada.

De acuerdo a los resultados representados en la tabla N°9 y la figura N° 22, observamos como influyen las CCH Y CCM en la muestra patrón, obteniéndose su mayor resistencia a la compresión con la combinación de 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz, dándonos un valor de 7.21 kg/cm<sup>2</sup>, con una deformación máxima 51.996 % y una resistencia al corte de 2.981 kg/cm<sup>2</sup>, como se puede observar en los cuadros y figuras ya mencionados, el comportamiento de la resistencia a la compresión, va aumentado proporcionalmente a la adición de cenizas, sin embargo los valores de deformación no son significativos con respecto a las 9 dosificaciones.

**Tabla 10.** Cuadro de resumen de los resultados de la C-3 más la incorporación de CCH y CCM.

<b>Dosificación</b>	Índice de plasticidad	O. C. H. (%)	M. D. S. (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 95% (M. D. S.)	RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>C-3 MP</b>	9.55%			5.86	1.648
15% CCH - 5% CCM	8.64%	9.34	1.90	6.54	1.981
15% CCH - 10% CCM	8.45%	9.76	1.91	7.18	2.104
15% CCH - 15% CCM	8.38%	10.65	1.92	8.43	2.425
20% CCH - 5% CCM	8.31%	9.10	1.94	8.23	2.752
20% CCH - 10% CCM	8.30%	9.05	1.95	8.25	2.974
20% CCH - 15% CCM	8.29%	8.67	1.95	9.45	1.645
25% CCH - 5% CCM	8.18%	8.55	1.96	9.40	1.981
25% CCH - 10% CCM	7.22%	8.34	1.97	11.09	2.974
25% CCH - 15% CCM	7.01%	8.23	1.99	11.32	2.981

Resumen de resultados (Anexo 2).

#### IV. DISCUSIÓN

**Discusión 1:** La dosificación 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz es la que logra alcanzar el menor índice de plasticidad 7.01% respecto a 9.55% de la muestra patrón de la presente investigación. Cadillo (2021), en su trabajo de investigación, la dosificación de 20% de cenizas de habas le dio el menor I.P. de 7.42 %, teniendo también una disminución progresiva del IP con respecto al aumento de las cenizas de habas. Estos resultados son similares porque el índice de plasticidad tiende a bajar cada vez que se aumenta la dosificación, pero estos valores a pesar de su disminución se encuentran dentro del rango del tipo de suelo de estudio que es de 6% a 11% de IP para suelos arcillosos limosos.

**Discusión 2:** La dosificación 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz es la que obtiene el mayor valor para la máxima densidad seca con 1.99 gr/cm<sup>3</sup> con respecto a 1.88 gr/cm<sup>3</sup> de la muestra patrón, en la que su óptimo contenido de humedad fue de 8.23%, siendo este el menor valor de OCH de las nueve dosificaciones planteadas. Vargas et al (2020), en su trabajo de investigación, obtuvo su máxima densidad seca utilizando la dosificación de 15% de habas y 10% de café con un valor de 1.95 gr/cm<sup>3</sup> con OCH de 7.32%, estos valores muy superiores a la muestra patrón de 1.65 g/cm<sup>3</sup> de la MDS. Estos resultados concuerdan con el criterio de a mayor adición de cenizas mayores son los valores de la máxima densidad seca, sin embargo, el OCH cae en su porcentaje, ya que la ceniza es un producto que no tiene propiedades de plasticidad.

**Discusión 3:** Capacidad de soporte La combinación de 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz, nos da el CBR más óptimo con un valor de 11.32 al 95% y 17.22 al 100% de la máxima densidad seca, con respecto al 5.86 % del CBR patrón. Karami et al (2021), en su proyecto de investigación, planteo una dosificación de 30% de cenizas de cáscaras de maíz - habas, alcanzando un CBR de 15% al 95% de la MDS y 17% al 100% de la máxima densidad seca. Estos resultados también coinciden con el criterio de una relación progresiva de que a mayor sea la incorporación de cenizas, mayor será la capacidad de soporte de la muestra en estudio.

**Discusión 4:** Esfuerzo a la compresión. La dosificación de 25% CCH y 15% CCM es la que tiene el mayor impacto positivo en la resistencia a la compresión con un valor de 7.254 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto a los 3.298 kg/cm<sup>2</sup> de la muestra patrón. (Terrones, 2019) en su tesis de pregrado sostuvo que la dosificación de 20% CCH le dio el valor más alto de resistencia a la compresión de 6.823 kg/cm<sup>2</sup> con respecto a su muestra patrón de 2.785 kg/cm<sup>2</sup>. Estas dos investigaciones son similares porque se concuerda que las propiedades de las cenizas de habas influyen positivamente a la resistencia de compresión de la subrasante.

## V. CONCLUSIONES

**conclusión 1.** Se evaluó que la combinación de cenizas de habas y maíz, influyen negativamente en las propiedades físicas de la subrasante, donde podemos observar en los resultados que, a mayor porcentaje de adición de cenizas, menor es el índice de plasticidad, ya que el IP está relacionado directamente al contenido de arcillas que este tenga, donde el índice de plasticidad con menor valor es la combinación de 15% C. C. habas - 5% C. C. maíz, con un resultado de 8.64%, con respecto a la muestra patrón de 9.55%, esto nos da una disminución significativa del 11% del índice de plasticidad como se puede observar en la tabla N° 6 y la figura N°17.

**Conclusión 2:** Se determinó que las cenizas de habas y maíz influyen positivamente en el OCH y en la máxima densidad seca. En esta investigación se puede observar que la combinación de 25% de CCH y 5% de CCM, es la dosificación adecuada como se puede observar en la tabla N° 7 y figura N° 19, porque se incrementó la MDS de la muestra patrón de 1.88g/cm<sup>3</sup> a 1.99 g/cm<sup>3</sup>, y el OCH de 7.3% a 8.23%, estos valores son óptimo para un buen grado de comparación según la norma de estabilizaciones mecánicas por compactación del MTC 2014.

**Conclusión 3:** Se Evaluó que la adición de cenizas de habas y maíz influyen directamente en las propiedades mecánicas del suelo, a mayor adición mayor es el CBR y por ello la capacidad de soporte termina siendo mayor a 6% que es lo que pide la norma como mínimo en el manual, además la combinación de estos 2 productos, tiene un mejor resultado cuando se usa el 25% de habas y el 15% de maíz con un resultado de 11.32%, según la tabla N°8 y figura N° 21, donde la capacidad de soporte (CBR) más representativo al 95% es agregando 25% C. C. habas - 15% C. C. maíz superando a la C-3 M.P que fue de 5.86% de CBR

**Conclusión 4:** La adición de cenizas de CCH y CCM, tienen un impacto positivo en la resistencia del esfuerzo a la compresión, obteniendo la mayor resistencia al usar la combinación de 25% de CCH y 15% de CCM con un valor de 7.254 kg/cm<sup>2</sup>,

muy superior a los 3.298 kg/cm<sup>2</sup> de la muestra patrón como se puede observar en la tabla N°9 y figura N°21, por lo consiguiente se reafirma la influencia positiva de las cenizas en la resistencia a la compresión no confinada.

**Conclusión General:** La evaluación de los resultados de cada ensayo de las 9 dosificaciones planteadas, nos indican que la combinación de 25% de CCH y 15% de CCM, influye significativamente en las propiedades físicas de la subrasante, como por ejemplo disminuir su índice de plasticidad de 9.55% a 7.01%; y también influyen positivamente en sus propiedades mecánicas, aumentado la capacidad de soporte de 5.86% a 11.32% con una MDS de 1.99 gr/cm<sup>3</sup> y una resistencia al corte de 2.981 kg/cm<sup>2</sup>. Como se puede observar entonces, la adición de cenizas y habas y maíz influyen negativamente en las propiedades físicas y positivamente en las propiedades mecánicas de la subrasante Carabayllo 2024.

## VI. RECOMENDACIONES

**Recomendación 1:** Se recomienda a los futuros tesisistas, que eviten propuestas sobre dosificaciones mayores al 25% de cenizas porque la influencia sobre el índice de plasticidad puede ser negativo, a tal punto de verse afectado ciertas propiedades mecánicas de la subrasante como la compresión y corte, sin embargo, este es solo un indicador de calidad lo que no define si una muestra es crítica.

**Recomendación 2:** Como se puede observar en los resultados del proyecto, la máxima densidad seca corresponde a una dosificación determinada, lo que quiere decir que habrá una mejor compactación si es que se aplica el óptimo contenido de humedad de dicha dosificación, se recomienda también hacer uso de ensayos insitu como la densidad de campo, para evaluar el comportamiento del grado de compactación.

**Recomendación 3:** Se recomienda que la calicata crítica sea la que presente el menor CBR, además que sea menor al 6% según la norma, para que la estabilización sea justificada, también se debe tener en cuenta que el mayor CBR no necesariamente corresponde a la mayor dosificación, para ello se debe plantear un mínimo de 5 dosificaciones para evaluar mejor el comportamiento de las cenizas.

**Recomendación 4:** las cenizas al tener propiedades cementantes y puzolánicas, se recomienda usar más de 6 probetas en la prensa de compresión, para promediar el fallo de estas, ya que a veces las muestras no tienen una humedad homogénea y los resultados no podría reflejar la resistencia real de la muestra.

## REFERENCIAS

ABDULLAH, E., MOHAMAD, H., and ERTUG, A. Strength, Stiffness, and Microstructure of Wood-Ash Stabilized Marine Clay. *Minerals*, September 2020, 10(9):796, pp. 1-23. Disponible en: DOI:10.3390/min10090796.

AKHILESH, S., KHUSHBU, G., and SHRUTI, S. Behavior of Industrial Waste Bagasse Ash and Blast Furnace Slag-Treated Expansive Clay for Pavement Subgrade. *Indian Geotechnical Conference*, 2018, 2020.

ALEGRE, M. Aspectos relevantes en las técnicas e instrumentos de recolección de datos en la investigación cualitativa. Una reflexión conceptual. *Población y Desarrollo* [online]. 2022, vol.28, n.54, pp. 93-100[consultado el 16-08-2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2022.028.54.093.> ISSN 2076-054X.

ANDINA. (24 de febrero de 2018). Provias Nacional continúa rehabilitación de vías en región Apurímac. Agencia Peruana de noticias: Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-provias-nacional-continua-rehabilitacion-vias-region-apurimac-700254.aspx>.

ARGANDOÑA, D., y PALOMINO, J. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del suelo obtenido de la APV. Kari Grande vía Rumi Wasi – San Sebastián utilizado a nivel de subrasante en la región Cusco, estabilizado con ceniza de cáscara de arroz y cal en porcentajes 7%-5%, 12%-5% y 15%-5%; respectivamente. Tesis (Pregrado Ingeniería Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2019, 207pp. Disponible en: [https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3487/Diego\\_Julio\\_Tesis\\_bachiller\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3487/Diego_Julio_Tesis_bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ARIAS, Fidias. El Proyecto de Investigación. 2.a ed. Caracas: Episteme, 2012. 143 pp. ISBN: 9800785299

ARMAS, Y., VIVES, J., y MUÑOZ, S. Uso de estabilizadores de suelo: Una revisión del impacto al corte y asentamiento. *Avances Investigación en Ingeniería*, 2022, 19(1), pp. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>.

BOLAÑOS, R. Muestra y muestreo. México: *Autónoma del estado de Hidalgo*, 2012.

CABERO, J. Definición y propósito de la Investigación Aplicada. Bibliotecas Duoc UC. [Actualizado 27 octubre 2018] [fecha de consulta: 28 de Agosto de 2023]. 213 pp. Disponible en: <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>. ISBN: 9788445426739

CADILLO, I. Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tuna, carretera: Tingo – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021. Lima: Universidad César Vallejo, 2021, 146pp.

DE SOLMINIHAC, H., ECHAVEGUREN, T., Y CHAMOORO, G. Gestión de infraestructura vial. Santiago de Chile: *Ediciones UC*, 2018.

DHAR, S., and HUSSAIN, M. The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction. *International Journal of Geotechnical Engineering*, April 2019, 15(2), pp. 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19386362.2019.1598623>.

DOMINGUEZ, M. La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Revista Producción más limpia* [en línea]. 2015, vol.10, n.1 [consultado el 08-08-2023], pp. 9-21. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000100001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001&lng=en&nrm=iso). ISSN 1909-0455.

ESPINOZA, E. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte. *Conrado* [online], 2019, vol.15, n.69[consultado el 28-09-2023], pp.171-180. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S199086442019000400171&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S199086442019000400171&lng=es&nrm=iso). ISSN 2519-7320.

GONZALEZ, R. et al. Efecto de la dureza del endospermo del maíz sobre las propiedades de hidratación y cocción. *Archivos Latino Americanos de Nutrición* [online]. 2005, vol.55, n.4 [consultado 2023-10-07], pp. 354-360. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222005000400006&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000400006&lng=es&nrm=iso). ISSN 0004-0622.

HERNANDEZ y MENDOZA. Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: *Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.*, 2018.

HUAMANÍ, J., RIMAYHUAMAN, O., y TITO, X. Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Latina* [En línea], 26 de octubre de 2022, 6(5), pp. 1876-1896. [Consultado 05-09-2023]. Disponible en: [doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3202](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3202)

JEREZ, M., LLERENA, S., y ZAMORA, R. Estudio de Satisfacción Poblacional a la red vial intercomunitaria Quisapincha - Pasa. *INNOVA Research Journal*, 2018, volumen 3, pp. 95-108. Disponible en: DOI:10.33890/innova.v3.n3.2018.445

KARAMI, H., POONI, J., ROBERT, D., COSTA, S., LI, J., and SETUNGE, S. Use of secondary additives in fly ash based soil stabilization for soft subgrades. *Transportation Geotechnics*, July 2021, volume 29. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100585>. ISSN 2214-3912

KRITHIKA, J., y RAMESH, G. Influence of fly ash on concrete- A systematic review. *Materials Today: Proceedings*, 2020, volume 33, pp. 906–911. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.425>. ISSN 2214- 7853

- LIESER, P., TAFF, S. y MURPHY, A. The Webinar Integration Tool: A Framework for Promoting Active Learning in Blended Environments. *Journal of Interactive Media in Education*, (1): 1-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5334/jime.453>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (5 de Setiembre de 2021). Programa arranca Perú, mantenimiento de vías vecinales. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/515122-mtc-monitorea-el-mantenimiento-de-vias-vecinales-del-programa-arranca-peru>
- MUÑOZ, A. Metodología y guía de investigación de tesis. México, 1998.
- ORGANIZACIÓN PARA LA ECONOMÍA COOPERACIÓN Y DESARROLLO  
OECD. Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. *Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT*, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- OTZEN, T., y MANTEROLA, C. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol*, 35(1): 227-232, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>. ISSN: 0717-9502
- PASTOR, J., TOMÁS, R., y CANO, M. Manual de ensayos de laboratorio de Mecánica del Suelo y Mecánica de Rocas. España: *Editorial Club Universitario*, 2017. 334 pp. ISBN: 9788416966912
- PÉREZ, R. Acerca del método de la observación y algunos alcances al estudio experimental para la construcción de imágenes. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos* [online], 2018, n.66, pp.1-10 [consultado el 10-06-2023].  
Disponible en:  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-35232018000100011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232018000100011&lng=es&nrm=iso). ISSN 1853-3523.
- POSSO, R., y LORENZO, E. Validez y confiabilidad del instrumento determinante humano en la implementación del currículo de educación física. *Revista Educare*. Ecuador, 2020, Vol. 24, 3. ISSN 2244-7296.

- PRATAP, A., and GUPTA, S. *The Beans and the Peas: From Orphan to Mainstream Crops*. India: Woodhead Publishing, 2020, 362 pp. ISBN: 9780128214503.
- PREETHI, M., PALANIKUMAR, R., and MANJULA. Stabilization of subgrade of flexible pavement using paper mill waste ash, *Materials Today: Proceedings*, 2022, volume 60, part 1, pp. 638-645. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.263>. ISSN 2214-7853.
- RAJAKUMAR, C., JEYAPRIYA, S., and THIRUMOORTHY, M. Characterization and effective utilization of coal ash with geosynthetics in pavement subgrade. Indian: *Journal of Environmental Protection*, March 2018, 38(3), pp. 234-238. ISSN: 0253-7141
- RASHMISIKHA, B. and MANAS, R. An experimental study on evaluation of fiber Reinforced-Fly ash stabilized black cotton soil as a sustainable subgrade material. *Materials Today: Proceedings*, 2022, volume 62, part 10, pp. 6182-6188. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.044>
- ROSALES, Willy. Estabilización de la subrasante con ceniza de cáscara de cacao en la carretera Emp. PE-5N – CC. PP Sanchirio Palomar, Junín – 2022. Tesis (Ingeniero civil). Lima, Universidad Cesar Vallejo, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109039>
- SERNA, S. *Corn: Chemistry and Technology*. 3<sup>a</sup> ed. Monterrey: *Woodhead Publishing and AACC International Press*, 2018, 690 pp. ISBN: 9780128119716
- SRINIVASAN, R. y SATHIYA, K. Experimental Study on Bagasse Ash in Concrete. *International Journal for Service Learning in Engineering, Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship*, Octubre, 2010, (5), pp. 60-66.
- STANLEY, J., y CAMPBELL, D. *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. 4.a ed. España: Amorrortu Editores España SL, 2015. 158 pp. ISBN: 950518042X
- VARGAS, Y., GUTIERREZ, Y., y ROJAS, J. Estabilización de afirmado con ceniza

proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2020. 72 p.

VÁSQUEZ Cesar y ARRIOLA Guillermo, INFLUENCIA DE LA CÁSCARA Y FIBRA DE COCO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, 2020. Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. Julio - diciembre 2020. Vol. 7 / N° 2, pp. 176-190 - ISSN: 2313-1926

VENTURA, J. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana Salud Pública* [online], 2017, vol.43, n.4 [consultado el 15-10-2023]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662017000400014&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000400014&lng=es&nrm=iso). ISSN 0864-3466.

VILLACIS, Mercedes y LUNA, German, Stabilization of expansive clays with volcanic ash and rice husk ash, Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia (2022). <https://doi.org/10.37815/rte.v34n2.821>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

**Título:** Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabaylo, 2023.

**Autor:** Gargate García, Einer Arcángel

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivos General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>Variable independiente</b>  <b>Cenizas de habas y maíz</b>	Dosificación	15 CCH – 5 CCM	Ficha de recolección de datos de la balanza Digital de medición
¿Cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, Carabaylo, 2024?	Evaluar cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, Carabaylo, 2024.	La adición de cenizas de habas y maíz influye para mejorar el comportamiento físico-mecánico de la subrasante, Carabaylo, 2024.			15 CCH – 10 CCM	
					15 CCH – 15 CCM	
					20 CCH – 5 CCM	
					20 CCH – 10 CCM	
					20 CCH – 15 CCM	
					25 CCH – 5 CCM	
					25 CCH – 10 CCM	
			25 CCH – 15 CCM			
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Variable dependiente</b>	Propiedades Físicas	Índice de plasticidad	Ficha de recolección de datos del ensayo de consistencia ASTM D-4318, MTC E 111
¿Cómo influye la adición de cenizas de habas y maíz en el índice de plasticidad de la subrasante, Carabaylo, 2024?	Evaluar la influencia de la adición de cenizas de habas y maíz en el índice de plasticidad de la subrasante, Carabaylo, 2024.	La adición de cenizas de habas y maíz influye positivamente en el índice de plasticidad la subrasante Carabaylo, 2024.				
¿Como influye la adición de cenizas de habas y maíz en el grado de compactación de la subrasante, Carabaylo, 2024?	Evaluar la influencia de la adición de cenizas de habas y maíz en el grado de compactación en la subrasante, Carabaylo 2024.	La adición de cenizas de habas y maíz influye positivamente en el grado de compactación en la subrasante, Carabaylo 2024.				
¿Como influye la adición de cenizas de habas y maíz en la capacidad de soporte de la subrasante, Carabaylo, 2024?	Evaluar la influencia de la adición de cenizas de habas y maíz en la capacidad de soporte de la subrasante, Carabaylo 2024.	La adición de cenizas de habas y maíz influye positivamente en la capacidad de soporte de la subrasante, Carabaylo 2024.				
¿Como influye la adición de cenizas de habas y maíz en la compresión no confinada de la subrasante, Carabaylo, 2024?	Evaluar la influencia de la adición de cenizas de habas y maíz en la compresión no confinada subrasante, Carabaylo 2024.	La adición de cenizas de habas y maíz influye positivamente en la compresión no confinada subrasante, Carabaylo 2024.				
			<b>Comportamiento físico-mecánico de la subrasante</b>	Propiedades Mecánicas	Grado de Compactación	Ficha de recolección de datos del ensayo de Proctor modificado MTC E115, ASTM D-1557
					Capacidad de soporte	Ficha de recolección de datos del ensayo de CBR MTC E132
					Resistencia a la compresión no confinada	COMPRENSION INCONFINADA (USC) ASTM D-2166

### Matriz de Operacionalización de Variables

<b>Título:</b> Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabayllo, 2023.					
<b>Autor:</b> Gargate García, Einer Arcángel					
<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
<b>Variable 1(VI):</b> Cenizas de habas y maíz	Este recurso se genera en grandes cantidades debido a la producción comercial de dicho producto y se considera sostenible debido a su origen natural y su falta de impacto negativo en el medio ambiente. Además, cuenta con propiedades destacadas para estabilizar suelos gracias a su alto contenido de sílice. (Reza et al, 2022, p.3).	En el experimento se realizaron diferentes dosificaciones en la muestra patrón de suelo natural, utilizando tres porcentajes distintos. Estos porcentajes fueron incrementados para evaluar cómo afectaban a las propiedades de cada proporción.	Dosificación	15 CCH – 5 CCM 15 CCH – 10 CCM	De razón
				15 CCH – 15 CCM 20 CCH – 5 CCM 20 CCH – 10 CCM	De razón
				20 CCH – 15 CCM 25 CCH – 5 CCM	De razón
				25 CCH – 10 CCM 25 CCH – 15 CCM	De razón
<b>Variable 2(VD):</b> Comportamiento físico-mecánico de la subrasante	Es el nivel de la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento y puede resistir las demandas de las cargas diarias del tráfico, la característica fundamental a tener en cuenta al diseñar este material es su capacidad de soporte. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 32).	Se analizaron las propiedades físicas y mecánicas ideales de las diferentes dosificaciones estudiadas, con el objetivo de obtener una subrasante resistente que pueda soportar las capas del pavimento afirmado.	Propiedades físicas	-ÍNDICE DE PLASTICIDAD(%)	De razón
			Propiedades mecánicas	- ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) - CBR (%) - COMPRESION NO CONFINADA (USC)	De razón

**Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos (certificados de ensayos).**



**ORION LABORATORIOS E.I.R.L.**

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-001
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> (NORMA AASTHO T-27, ASTM D422)	REVISIÓN : 11/10/2023 FECHA DE CREACIÓN : 09/10/2023 MATERIAL : SUELOS

N°468 CERTIFICADO  
101020232  
ESL-GRCL-

INFORMACIÓN DE CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	:: Gargate Garcia Einer Arcángel
PROYECTO	:: Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabayllo, 2024.
UBICACIÓN	:: LIMA - SURCO
TECNICO	:: PAVEL BORQUEZ MANCILLA
FECHA ENSAYO	:: Jueves, 20 mayo de 2023
FECHA EMISIÓN	:: Jueves, 20 mayo de 2023
PROGRESIVA	::
MUESTRA	:: CALICATA 03
	Peso inicial : 3000.00 g seco

TAMIZ (pulg)	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
3"	76.2					
2 1/2"	63.5					
2"	50.8					Limite liquido (LL) : 38.222
1 1/2"	38.1					Limite plástico (LP) : 28.675
1"	25.4					Índice plástico (IP) : 9.547
3/4"	19.05					Clasificación (SUCS) : ML
1/2"	12.7				100	Clasificación (AASHTO) : A-7-6
3/8"	9.525	21.05	0.78	0.78	99.22	% de grava : 2.08 %
N°4	4.76	37.4	1.39	2.17	97.83	% de arena : 12.56 %
N°10	2	61.15	2.27	4.44	95.56	% de limo y arcilla : 85.36 %
N°20	0.84	61.02	2.31	6.75	93.25	
N°40	0.426	50.1	1.86	8.61	91.39	
N°60	0.25	32.7	1.21	9.82	90.17	
N°100	0.149	41.3	1.53	11.36	88.64	
N°200	0.074	110.1	4.09	15.44	84.55	
<N°200	0	2277.85	84.55	100.00	0.00	

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
Luis Taboada Palacios  
JEFE DE LABORATORIO

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigáncho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionre.com | areatecnica@orionre.com | ventas@orionre.com | www.orionre.com



**ORION LABORATORIOS E.I.R.L.**

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto



Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Luriganchu | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionre.com | areatecnica@orionre.com | ventas@orionre.com | www.orionre.com



# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

<b>ORION LABORATORIOS E.I.R.L.</b> LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	<b>FORMATO DE ENSAYO</b> F-ESL-005
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (NORMA AASTHO T-89, T-90, ASTM D 4318)	REVISIÓN : 08/09/2023 FECHA DE CREA. : 02/09/2023 MATERIAL : SUELOS

N° 759 CERTIFICADO  
101020234  
ESL-LCM5-

## DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA

<b>SOLICITANTE</b>	:: Gargate Garcia Einer Arcángel
<b>PROYECTO</b>	:: Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabaylo, 2024.
<b>UBICACIÓN</b>	:: LIMA - SURCO
<b>TECNICO</b>	:: PAVEL BORQUEZ MANCILLA
<b>FECHA ENSAYO</b>	:: Jueves, 20 mayo de 2023
<b>FECHA EMISIÓN</b>	:: Jueves, 20 mayo de 2023
<b>PROGRESIVA</b>	::
<b>MUESTRA</b>	:: C3

### LIMITE LIQUIDO

N° DE GOLPES	13	17	26	32
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	23.185	23.712	24.185	19.225
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	20.125	20.365	20.789	17.345
PESO DE AGUA (g)	12.852	11.785	12.182	12.182
PESO DEL TARRO (g)	3.06	3.347	3.396	1.88
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.273	8.58	8.607	5.163
HUMEDAD (%)	42.073	39.009	39.456	36.413
N° DE TARRO	1	2	3	4

### LIMITE PLASTICO

N° TARRO	1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	16.415	16.251	16.325	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	15.109	15.283	15.495	
PESO DE AGUA (g)	10.984	11.375	12.825	
PESO DEL TARRO (g)	1.306	0.968	0.83	
PESO DEL SUELO SECO (g)	4.125	3.908	2.67	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.661	24.770	31.086	

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

*Luis Taboada Palacios*  
Ing. Luis Taboada Palacios  
SEPE DE LABORATORIO  
CIP. 56344

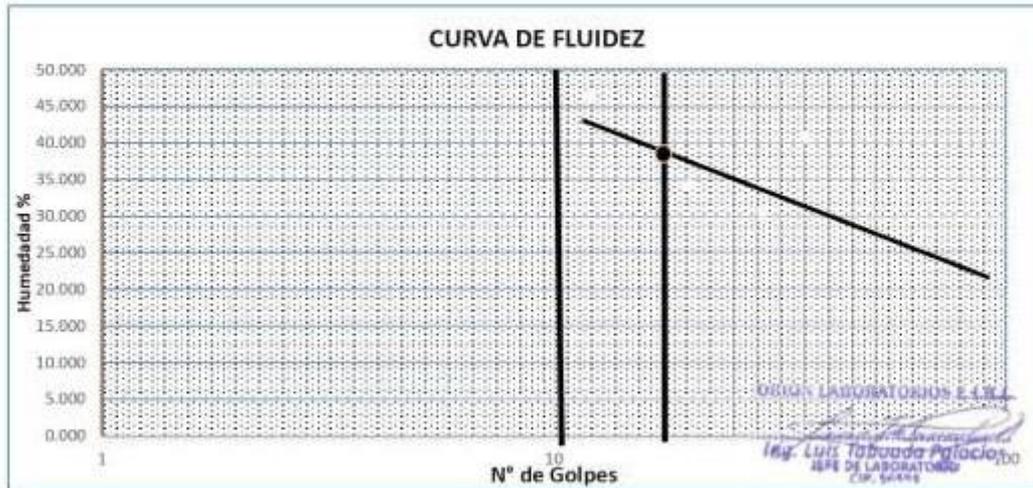
Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 - Lurigancho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionre.com | areatecnica@orionre.com | ventas@orionre.com | www.orionre.com

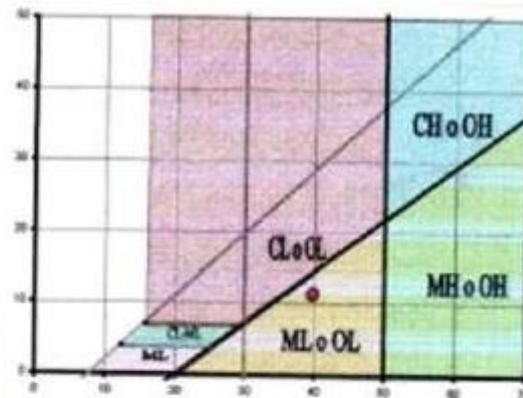


# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	38.222
LIMITE PLASTICO	28.675
INDICE DE PLASTICIDAD	9.547



Señores Ingenieros: [ingeniero@orionre.com](mailto:ingeniero@orionre.com) | [ventas@orionre.com](mailto:ventas@orionre.com) | [www.orionre.com](http://www.orionre.com) | 06 601 894 - 945 101 989

[laboratorio@orionre.com](mailto:laboratorio@orionre.com) | [areatecnica@orionre.com](mailto:areatecnica@orionre.com) | [ventas@orionre.com](mailto:ventas@orionre.com) | [www.orionre.com](http://www.orionre.com)



# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto

<b>ORION LABORATORIOS E.I.R.L.</b> LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	<b>FORMATO DE ENSAYO</b> F-ESL-005
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (NORMA AASTHO T-89, T-90, ASTM D 4318)	REVISIÓN : 08/09/2023 FECHA DE CREA. : 02/09/2023 MATERIAL : SUELOS

N° 759 CERTIFICADO  
101020234  
ESL-LCM5-

## DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA

<b>SOLICITANTE</b>	:: Gargate Garcia Einer Arcángel
<b>PROYECTO</b>	:: Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabayllo, 2024.
<b>UBICACIÓN</b>	:: LIMA - SURCO
<b>TECNICO</b>	:: PAVEL BORQUEZ MANCILLA
<b>FECHA ENSAYO</b>	:: Jueves, 20 mayo de 2023
<b>FECHA EMISIÓN</b>	:: Jueves, 20 mayo de 2023
<b>PROGRESIVA</b>	::
<b>MUESTRA</b>	:: ENSAYO C3

### LIMITE LIQUIDO

N° DE GOLPES	13	17	26	32
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	23.185	23.712	24.185	19.225
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	20.125	20.365	20.789	17.345
PESO DE AGUA (g)	12.852	11.785	12.182	12.182
PESO DEL TARRO (g)	3.06	3.347	3.396	1.88
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.273	8.58	8.607	5.163
HUMEDAD (%)	42.073	39.009	39.456	36.413
N° DE TARRO	1	2	3	4

### LIMITE PLASTICO

N° TARRO	1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	16.415	16.251	16.325	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	15.109	15.283	15.495	
PESO DE AGUA (g)	10.984	11.375	12.825	
PESO DEL TARRO (g)	1.306	0.968	0.83	
PESO DEL SUELO SECO (g)	4.125	3.908	2.67	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.661	24.770	31.086	

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

*Luis Taboada Palacios*  
Ing. Luis Taboada Palacios  
SEPE DE LABORATORIO  
CIP. 56344

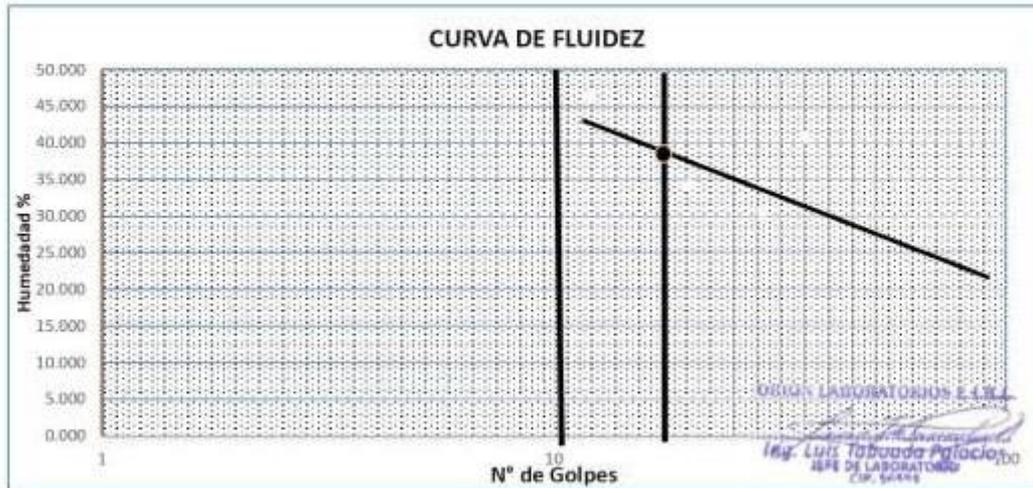
Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigancho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionre.com | areatecnica@orionre.com | ventas@orionre.com | www.orionre.com

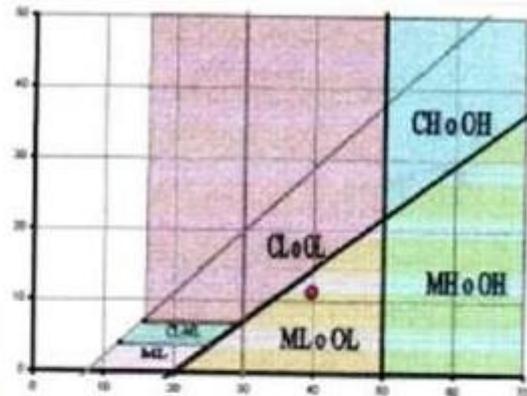


# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.22
LIMITE PLASTICO	28.58
INDICE DE PLASTICIDAD	8.64



Señores Ingenieros: Víctor Manuel Escobar - Ingeniero | Teléfono: 051 945 101 989 | Correo: laboratorio@orionre.com | J6 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionre.com | areatecnica@orionre.com | ventas@orionre.com | www.orionre.com



# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos Concreto v Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-EPM-007
<b>PROCTOR MODIFICADO</b> (NORMA ASTM D 1557 – MTC E 115)	REVISIÓN : 06/09/2025 FECHA DE CREACIÓN : 07/09/2023 MATERIAL : SUELOS

N°783 CERTIFICADO ESL-LCM5-10202311

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
<b>SOLICITANTE</b>	: Gargate García Einer Arcángel
<b>PROYECTO</b>	: Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabayllo, 2024.
<b>UBICACIÓN</b>	: UMA - SURCO
<b>TECNICO</b>	: PAVEL BORQUEZ MANCILLA
<b>FECHA ENSAYO</b>	: Jueves, 20 mayo de 2023
<b>FECHA EMISIÓN</b>	: Jueves, 20 mayo de 2023
<b>PROGRESIVA</b>	:
<b>MUESTRA</b>	: ENSAYO_C3

Calicata 01	Muestra Patrón del suelo				
Golpes/Capa:	25	N° de capas:	05	H:	4540.00
Dimensiones del molde:	10.20 cm	Vmart:	4540.0	W molden	3773.00
				Volumen:	945.61

Determinación del Contenido de Humedad:

Recipiente N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5					
Wsuelo Hum + Rec	237.42	121.4	135.26	121.52	147.56	182.86	188.56	179.98	218.62	206.94
Wsuelo Sec + Rec	228.59	204.26	223.63	201.95	13.95	171.26	174.86	166.75	198.65	187.27
Peso del agua	7.80	5.94	11.35	10.11	7.89	10.83	14.07	12.27	18.37	18.57
Peso del Recip.	33.83	34.47	34.58	34.15	33.21	34.07	34.18	34.25	33.65	32.50
Peso suelo seco	195.39	171.00	190.07	168.76	106.90	138.12	141.37	133.48	165.83	155.90
Cont. Hum, W%	5.5	4.05	6.97	6.99	7.45	7.12	40.15	9.26	11.15	12.03

Determinación de la Densidad Máxima Seca:

Cont. Hum. Prom	4.30	6.12	8.15	10.12	11.56
Wsuelo + molde	5410.00	5486.00	5530.00	5510.00	5525.00
Wmolde	3663.00	3663.00	3663.00	3663.00	3663.00
Wsuelo	1747.00	1823.00	1867.00	1847.00	1862.00
Peso Vol. Humedo	1.87	1.95	2.00	1.97	1.99
Peso Vol. Seco(g/cm3)	1.81	1.85	1.87	1.81	1.79

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Páez  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 56444

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigancho | Tel: 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

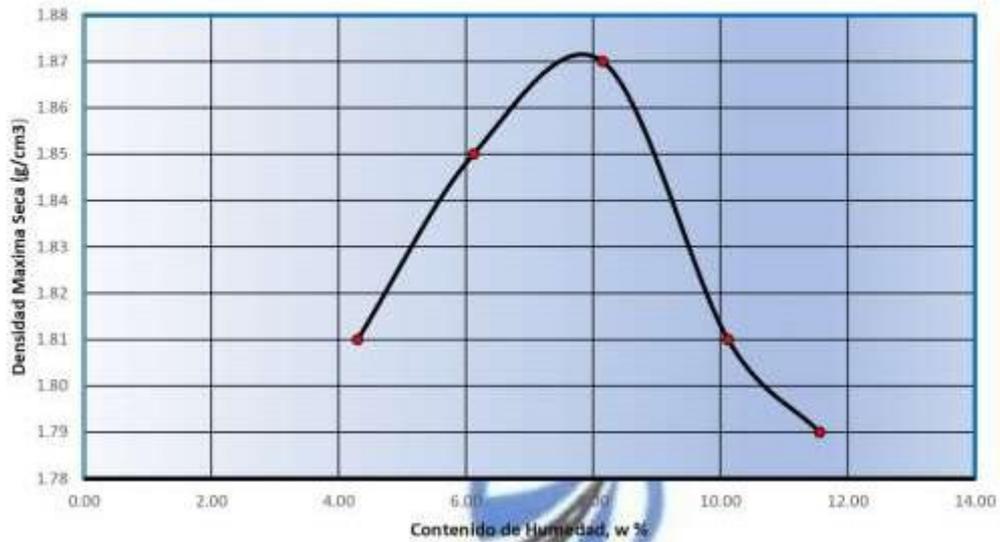
laboratorio@orionrep.com | areatecnica@orionrep.com | ventas@orionrep.com | www.orionrep.com



# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos Concreto v Asfalto

## RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



### Resumen de Resultados

Contenido de Humedad Optimo	8.23 %
Densidad Máxima Seca	1.99 g/cm³

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
*Luis Taboada Polanco*  
Ing. Luis Taboada Polanco  
ABPE DE LABORATORIO  
CIP. 36444

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigancho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionrep.com | areatecnica@orionrep.com | ventas@orionrep.com | www.orionrep.com



# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos Concreto y Asfalto

ORION LABORATORIOS E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F-ESL-005
<b>ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR</b> (NORMA ASTM D 1883- MTC E 132)	REVISIÓN : 0.0 FECHA DE CREACIÓN : 07/09/2023 MATERIAL : SUELOS

N° CERTIFICADO **ESL-RSCBR- 101020255**

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE	:: Gargate Garcia Einer Arcángel
PROYECTO	:: Adición de cenizas de habas y maíz para mejorar su comportamiento físico-mecánico en la subrasante, Carabayllo, 2024.
UBICACIÓN	:: LIMA - SURCO
TECNICO	:: PAVEL BORQUEZ MANCILLA
FECHA ENSAYO	:: Jueves, 20 mayo de 2023
FECHA EMISIÓN	:: Jueves, 20 mayo de 2023
PROGRESIVA	::
MUESTRA	:: ENSAYO_C3
	PROFUNDIDAD : 1.50m

MOLDE	1		2		3	
CAPAS	5		5		5	
GOLPES POR CAPA	56		26		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	12493.00	12515.00	12340.00	12426.00	11862.00	12021.00
PESO MOLDE (g)	8312.00	8312.00	8260.00	8260.00	7879.00	7879.00
SUELO HUMEDO (g)	4181.00	4203.00	4080.00	4166.00	3983.00	4142.00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2104.00		2104.00		2104.00	
PESO VOL HUMEDO (g/cc)	1.99	2.00	1.94	1.98	1.89	1.97
% DE HUMEDAD (%)	7.58	10.21	7.58	11.62	7.58	14.59
PESO VOL SECO (g/cc)	1.85	1.81	1.80	1.77	1.76	1.72
N° TARRO	1	2	3	4	5	6
TARRO + SUELO HUMEDO (g)	104.45	102.35	104.45	95.42	104.45	97.63
TARRO + SUELO SECO (g)	100.32	96.84	100.32	90.45	100.32	91.40
PESO DE AGUA (g)	4.13	5.51	4.13	4.97	4.13	6.23
PESO DEL TARRO (g)	45.84	42.85	45.84	47.68	45.84	48.69
PESO DEL SUELO SECO (g)	54.48	53.99	54.48	42.77	54.48	42.71
% DE HUMEDAD (%)	7.58	10.21	7.58	11.62	7.58	14.59

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
*Luis Taboada Palacios*  
Ing. Luis Taboada Palacios  
ABP DE LABORATORIO  
CIP. 51443

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigancho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orlonrep.com | areatecnica@orlonrep.com | ventas@orlonrep.com | www.orlonrep.com



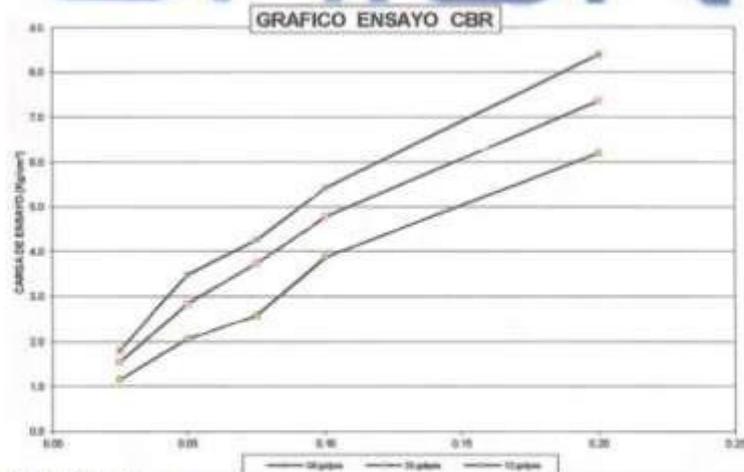
## ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos Concreto v Asfalto

PENETRACIÓN C.B.R.										
PENETRA CIÓN (PULG)	CARGA TIPO (KG/CM2)	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
		CARGA ENSAYO		CBR(%)	CARGA ENSAYO		CBR(%)	CARGA ENSAYO		CBR(%)
		(KG)	(KG/CM2)		(KG)	(KG/CM2)		(KG)	(KG/CM2)	
0.025		35.00	1.81		30.00	1.55		22.50	1.16	
0.050		67.50	3.49		55.00	2.84		40.00	2.07	
0.075		82.50	4.26		72.50	3.75		50.00	2.58	
0.100	70.30	105.00	5.43	7.72	92.50	4.78	6.80	75.00	3.88	5.51
0.200	105.45	162.50	8.40	7.96	142.50	7.36	6.98	120.00	6.20	5.88

EXPANSION											
FECHA	TIEMPO (HRS)	HORA	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
			DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				MM	%		MM	%		MM	%
SET-23	0.00	09:00AM	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
SET-23	24.00	09:00 AM	23.00	0.224	0.148	35.00	0.341	0.225	42.00	0.410	0.270
SET-23	48.00	09:00 AM	26.00	0.254	0.167	38.00	0.371	0.245	45.00	0.439	0.290
SET-23	72.00	09:00 AM	30.00	0.293	0.193	42.00	0.410	0.270	50.00	0.488	0.322
SET-23	96.00	09:00 AM	37.00	0.361	0.238	46.00	0.449	0.296	56.00	0.546	0.360

# ORION



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

*Ing. Luis Taboada Pajollos*  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP. 60423

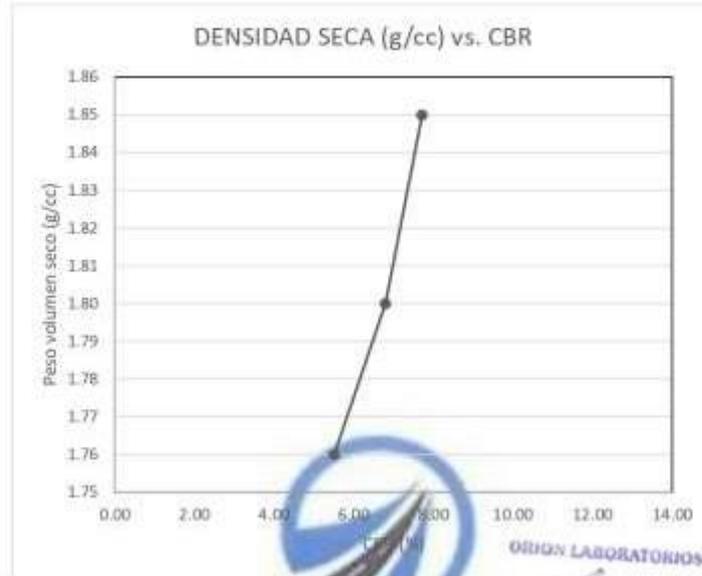
Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigáncho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

laboratorio@orionrep.com | areatecnica@orionrep.com | ventas@orionrep.com | www.orionrep.com



# ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos Concreto v Asfalto



ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

*Luis Taboada Palacios*  
Ing. Luis Taboada Palacios  
JEFE DE LABORATORIO  
C.C. 30848

RESUMEN RESULTADOS	CBR AL 100% P.V.S.M.	=	17.22	%
	CBR AL 95% P.V.S.M.	=	11.32	%

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15 – Lurigancho | Telf. 371 0477 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989

[laboratorio@orionrep.com](mailto:laboratorio@orionrep.com) | [areatecnica@orionrep.com](mailto:areatecnica@orionrep.com) | [ventas@orionrep.com](mailto:ventas@orionrep.com) | [www.orionrep.com](http://www.orionrep.com)

### Anexo 3. Fichas de validación de instrumentos para la recolección de datos.

#### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	MTC E-107/ASTM D422
Nombres y apellidos del experto	Juan Pavel Mancilla Bohórquez
Documento de identidad	10701367
Años de experiencia laboral	10 años
Máximo grado académico	Magister
Nacionalidad	Lima
Institución laboral	MTC
Labor que desempeña	Superviso de presupuesto
Número telefónico	
Correo electrónico	Mancilla.pavel@gmail.com
Firma	 <p>JUAN PAVEL MANCILLA BOHÓRQUEZ Ingeniero Civil CIP N° 295421</p> <p>Firma del evaluador DNI: 10701367</p>
Fecha	26/06/2024

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	MTC E-107/ASTM D422
Nombres y apellidos del experto	Heberth García Valderrama
Documento de identidad	71485149
Años de experiencia laboral	3 años
Máximo grado académico	Ingeniero Civil
Nacionalidad	Lima
Institución laboral	Calidad S.a.c
Labor que desempeña	Superviso de calidad
Número telefónico	
Correo electrónico	Hebeth.G_V@gmailcom
Firma	 HEBERTH GARCÍA VALDERRAMA Ingeniero Civil CIP Nº 263813  Firma del evaluador DNI: 71485149
Fecha	26/06/2024

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	MTC E-132-ASTM D 1883
Nombres y apellidos del experto	Fiorella Milagros del Pilar Torres Rueda
Documento de identidad	72851032
Años de experiencia laboral	4 años
Máximo grado académico	Ingeniera Civil
Nacionalidad	Lima
Institución laboral	
Labor que desempeña	Supervisora de campo
Número telefónico	
Correo electrónico	Fio_TorrezP1@gmail.com
Firma	 <p>Handwritten signature of Fiorella Milagros del Pilar Torres Rueda. Below the signature is a professional stamp that reads: FIORELLA MILAGROS DEL PILAR TORRES RUEDA, Ingeniera Civil, CIP Nº 290787.</p>
Fecha	26/06/2024



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/10/11  
Solicitante **N&Z CIA. INGENIERA GEOTECNICA EIRL**  
Dirección P.J 3 de octubre Mz U1 Lt.6 calle Huáscar

Instrumento de medición **BALANZA**  
Identificación **NO INDICA**  
Intervalo de indicación 1200 g  
División de escala Resolución 0,1 g  
División de verificación (e) 0,1 g  
Tipo de indicación Digital  
Marca / Fabricante HENKEL  
Modelo NO INDICA  
N° de serie 1910265512  
Procedencia CHINA  
Ubicación Laboratorio de suelos:  
Lugar de calibración P.J 3 de octubre Mz U1 Lt.6 calle Huáscar  
Fecha de calibración 2023/10/11

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

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

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

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

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





Patrones e Instrumentos auxiliares:

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1045-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1044-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1046-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1047-MPES-C-2023
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1048-MPES-C-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 20 °C Final: 20 °C  
Humedad Relativa Inicial: 79 %hr Final: 79 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 600 g			Carga L1= 1200 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	600.0	0.001	-0.001	1200.0	0.005	-0.002
2	600.0	0.002	-0.004	1200.0	0.004	-0.004
3	600.0	0.004	-0.005	1200.0	0.006	-0.004
4	600.0	0.003	-0.007	1200.0	0.003	-0.009
5	600.0	0.003	-0.009	1200.0	0.005	-0.012
6	600.0	0.004	-0.001	1200.0	0.007	-0.014
7	600.1	0.004	0.004	1200.0	0.003	-0.010
8	600.1	0.007	-0.008	1200.0	0.005	-0.009
9	600.1	0.006	-0.004	1200.1	0.004	-0.007
10	600.0	0.005	-0.003	1000.1	0.004	-0.008
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
600	0		0.05			
1000.1	0		0.3			



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Kike Arcevallo Carnice  
METROLOGÍA



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>D</sub>				Determinación de E <sub>G</sub>				
	Carga M <sub>h</sub> <sup>(1)</sup> (g)	I (kg)	ΔI (g)	E <sub>D</sub> (g)	Carga I (g)	I (kg)	ΔI (g)	E (g)	E <sub>G</sub> (g)
1	1	1	0.001	0.001	500	500	0.005	-0.004	0.002
2		1	0.005	-0.004		500	0.003	0.002	0.001
3		1	0.004	0.003		500	0.002	-0.001	0.002
4		1	0.006	0.002		500	0.002	0.002	0.005
5		1	0.004	-0.003		500	0.005	-0.001	0.002

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

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga I (g)	Crecientes					Decrecientes				EMP <sup>(2)</sup> (kg)
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	E <sub>e</sub> (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1.0	1.0	0.004	0.002	0.001						
10.0	10.0	0.006	0.003	0.004	10.0	0.006	0.002	0.004	0.01	0.01
20.0	20.0	0.007	0.004	0.003	20.0	0.005	0.001	-0.003	0.01	0.01
50.0	50.0	0.002	0.003	0.001	50.0	0.008	-0.004	-0.003	0.01	0.01
100.0	100.0	0.001	0.005	0.006	100.0	0.005	0.003	0.001	0.01	0.01
200.0	200.0	0.001	0.004	0.002	200.0	0.004	-0.004	0.001	0.01	0.01
300.0	300.0	0.003	0.005	0.003	300.0	0.004	0.004	0.004	0.01	0.01
500.0	500.0	0.004	0.005	0.002	500.0	0.005	-0.005	-0.002	0.01	0.01
600.0	600.0	0.008	0.006	0.002	600.0	0.003	-0.004	-0.001	0.1	0.1
800.0	800.0	0.013	0.007	0.001	800.0	0.014	-0.001	-0.01	0.1	0.1
1200.0	1200.0	0.012	0.001	0.005	1200.0	0.006	0.008	-0.01	0.1	0.1

**Legenda**

- I: Indicación de la balanza
- ΔI: Carga incrementada
- E: Error encontrado
- E<sub>c</sub>: Error en cero
- E<sub>e</sub>: Error corregido
- EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición: } U_{95} = 2 \cdot u = 0.0002 \text{ g} \approx 0.0000003803 \text{ kg}$$

$$\text{Lectura Corregida: } E_{\text{corregida}} = E + 0.000001 \text{ g}$$



Observaciones: <sup>(1)</sup> Indicación de lectura de balanza: 1.0 g

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

Fin de documento



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trasquilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERU S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1045-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1044-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1049-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1047-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1048-MPES-C-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental: Inicial: 20 °C Final: 20 °C  
 Humedad Relativa: Inicial: 79 %RH Final: 79 %RH

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 7500 g			Carga L1= 15000 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	7500.0	0.07	-0.11	15000.0	0.05	-0.1
2	7500.0	0.07	-0.15	15000.0	0.04	-0.12
3	7500.0	0.08	-0.12	15000.0	0.05	-0.13
4	7500.0	0.08	-0.11	15000.0	0.04	-0.1
5	7500.0	0.07	-0.12	15000.0	0.03	-0.11
6	7500.0	0.07	-0.13	15000.0	0.05	-0.12
7	7500.0	0.08	-0.11	15000.0	0.04	-0.13
8	7500.0	0.07	-0.12	15000.0	0.05	-0.1
9	7500.1	0.09	-0.12	15000.0	0.04	-0.13
10	7500.1	0.08	-0.1	15000.2	0.05	-0.13
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
7500	0		1			
15000.2	0		5			



ARSOU GROUP S.A.C.

Miguel Ángel Arroyave Carpio



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LBS-470-2023

Página 1 de 1

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2023/10/11
Solicitante	N&Z CIA. INGENIERA GEOTECNICA EIRL
Dirección	P.J 3 de octubre Mz U1 Lt.6 calle Huáscar
Instrumento de medición	EQUIPO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)
Identificación	STP23
Marca	ARSDU
Modelo	NO INDICA
Serie	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS
Lugar de calibración	P.J 3 de octubre Mz U1 Lt.6 calle Huáscar

Fecha de calibración 2023/10/11

**Método/Procedimiento de calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma NTP 339.134, ASTM D2488, ASTM D4220

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

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

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

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



**ARSDU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 496-88857 / + 51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSDU GROUP

LABORATORIO DE METROLOGIA



## Arso Group

Laboratorio de Metrología

### Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
DSI PERU AUTOMATION FIRL	Plie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm	L-0063-2023
ARSOU GROUP S.A.C.	Balanza	LMA-217-2022

### Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 18 °C Final: 18 °C  
Humedad Relativa Inicial: 78 %hr Final: 78 %hr

### Resultados

#### VARILLAS DE PERFORACION

Longitud sondaje (cm)	1200
Diámetro (mm)	42.20
División (cm)	100.04

### ARSOU GROUP S.A.C.

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

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arsenio Carrera  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión: 2023/10/11  
Solicitante: H&Z CA. INGENIERIA GEOTECNICA EIRL  
Dirección: P. 13 de octubre Mo U1 L.S.S calle Huáscar

**Instrumento de medición: COPA CASAGRANDE**

Identificación: JSGL/CR  
Marca: METROTEST  
Modelo: NO INDICA  
Serie: NO INDICA  
Accesorio: MANUAL  
Materia: METALICO  
Procedencia: PERU

Ubicación: Laboratorio de suelos  
Lugar de calibración: P. 13 de octubre Mo U1 L.S.S calle Huáscar

Fecha de calibración: 2023/10/11

Método/Procedimiento de calibración:  
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-011.5ta. Ed., "Procedimiento de Calibración de Plu de Rey", del Instituto Nacional de la Calidad - INACAL y la Norma del MTC 110.

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento realizar los mantenimientos e inspecciones regulares, los cuales están en concordancia con la ley de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a regulaciones vigentes.

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

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



## Anexo 9. Otras evidencias



*Figura 13.* Excavación para la calicata número 1.



*Figura 12.* Excavación para la calicata 2.



*Figura 15.* Excavación para la calicata número 3.



*Figura 14.* Análisis granulométrico a las muestras para cada calicata.



*Figura 16.* Procedimiento del ensayo de límites de consistencia.



*Figura 17.* Ensayo Proctor modificado para evaluar el grado de compactación.



*Figura 18.* Ensayo de CBR para identificar del grado de soporte de las muestras más la incorporación de aditivos.



*Figura 19.* Ensayo para identificar el suelo según ASSTHO-SUCS