



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mejoramiento de suelos de la subrasante incorporando ceniza de residuos de habas en la carretera Chasqui – Pilcuyo, Puno, 2023

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Escobar Lupaca, Romario (orcid.org/0009-0009-3604-6733)

**ASESOR:**

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (orcid.org/0000-0001-5699-1323)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CALLAO - PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

En primer lugar, a Dios por haberme guiado con mano firme en mi formación profesional, también a nuestros padres por su apoyo incondicional en darnos todo para lograr este objetivo, a nuestros amigos por su tiempo animándonos a cumplir el sueño de ser ingenieros.

## ***Romario***

## **Agradecimiento**

Un agradecimiento especial a nuestro docente asesor Mg. Ing. Olarte Pinares, Jorge por su paciencia, guía y apoyo constante en el desarrollo de la investigación para lograr titularme como ingeniero civil.

A la Universidad César Vallejo por la oportunidad de hacernos parte de su grupo de alumnos con la meta de ser profesionales y llevar en alta la institución.

A nuestras familias y amigos por brindarnos el apoyo y fortaleza para jamás rendirnos en el camino que es el de ser profesionales.

***Romario***



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, JORGE RICHARD OLARTE PINARES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento de Suelos de la Subrasante incorporando Ceniza de residuos de habas en la Carretera Chasqui - Pilcuyo, Puno, 2023", cuyo autor es ESCOBAR LUPACA ROMARIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis 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, 26 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JORGE RICHARD OLARTE PINARES <b>DNI:</b> 40752422 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 02-01- 2024 21:48:59

Código documento Trilce: TRI - 0708454



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, ESCOBAR LUPACA ROMARIO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejoramiento de Suelos de la Subrasante incorporando Ceniza de residuos de habas en la Carretera Chasqui - Pilcuyo, Puno, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ESCOBAR LUPACA ROMARIO <b>DNI:</b> 70317649 <b>ORCID:</b> 0009-0009-3604-6733	Firmado electrónicamente por: ROESCOBARLU el 27- 12-2023 07:30:05

Código documento Trilce: INV - 1444317

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de autenticidad del autor .....	i
Declaratoria de originalidad del autor .....	i
Índice de contenidos .....	i
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	iii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	28
3.3. Población, muestra y muestreo, unidad de análisis .....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Técnicas.....	30
3.5. Procedimientos:.....	30
3.6. Métodos de análisis de datos: .....	33
3.7. Aspectos Éticos:.....	34
IV. RESULTADOS.....	35
V. DISCUSIÓN .....	60
VI. CONCLUSIONES .....	63
VII. RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS .....	65
ANEXOS .....	67

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Parámetros de clasificación de los suelos. ....	11
<b>Tabla 2.</b> clasificación según criterios CBR (Subrasante). ....	16
<b>Tabla 3.</b> Clasificación por tamaño de partículas .....	16
<b>Tabla 4.</b> Cuadro de plasticidad de los suelos.....	19
<b>Tabla 5.</b> Clases de sub - rasante .....	22
<b>Tabla 6.</b> Taxonomía entre tallos para habas.....	23
<b>Tabla 7.</b> Requerimiento Químico de la Ceniza.....	26
<b>Tabla 8.</b> Zona de Impacto .....	37
<b>Tabla 9.</b> Granulometría de calicatas .....	40
<b>Tabla 10.</b> Características del suelo.....	41
<b>Tabla 11.</b> Resultados del IP de las calicatas.....	43
<b>Tabla 12.</b> Resultados del IP con aumento de cenizas de habas (muestra patrón). .....	44
<b>Tabla 13.</b> Clasificación de suelos según AASTHO. ....	46
<b>Tabla 14.</b> Porcentaje de humedad de las calicatas.....	46
<b>Tabla 15.</b> Dosificaciones del OCH. ....	49
<b>Tabla 16.</b> Dosificación de MDS.....	50
<b>Tabla 17.</b> CBR con adición de residuos de habas .....	52

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Carta de plasticidad.....	12
<b>Figura 2.</b> Consistencia de suelo .....	18
<b>Figura 3.</b> Prueba de consistencia líquida.....	18
<b>Figura 4.</b> Prueba de consistencia plástica .....	19
<b>Figura 5.</b> Equipo de ensayo Proctor .....	20
<b>Figura 6.</b> Requisitos del ensayo Proctor Estándar.....	20
<b>Figura 7.</b> Requisitos del ensayo Proctor Estándar.....	21
<b>Figura 8.</b> Equipos para el CBR.....	22
<b>Figura 9.</b> Tallos de habas .....	23
<b>Figura 10.</b> Ceniza volante.....	27
<b>Figura 11.</b> Representación de la Calicata C-01 .....	32
<b>Figura 12.</b> Representación de la Calicata C-02 .....	32
<b>Figura 13.</b> Selección, residuo de habas. ....	33
<b>Figura 14.</b> Representación gráfica de la ubicación política .....	35
<b>Figura 15.</b> Representación gráfica de la ubicación geográfica. ....	36
<b>Figura 16.</b> Visualización del tramo de la carretera.....	37
<b>Figura 17.</b> Calcinación a 800°C .....	39
<b>Figura 18.</b> Proceso de tamizado de los materiales.....	40
<b>Figura 19.</b> Curva granulométrica .....	41
<b>Figura 20.</b> Ensayo de límite líquido.....	42
<b>Figura 21.</b> Ensayo de límite plástico .....	43
<b>Figura 22.</b> Gráfico del IP de las calicatas. ....	43
<b>Figura 23.</b> Gráfico del IP con incorporación de cenizas de Habas muestra patrón. .....	44

<b>Figura 24.</b> Gráfico del OCH (optimo contenido de humedad).....	47
<b>Figura 25.</b> Incorporación de la ceniza.....	48
<b>Figura 26.</b> Compactación.....	48
<b>Figura 27.</b> Enrasado de proctor .....	49
<b>Figura 28.</b> Humedad optima de la muestra patrón .....	50
Figura 29. MDS con aditamento de residuo de Habas muestra patrón.....	51
<b>Figura 30.</b> Ensayo de la capacidad de soporte.....	52
Figura 31. CBR con adición de residuos de habas .....	53

## Resumen

En dicho estudio, se propuso como objetivo mejorar las propiedades de los suelos de la sub rasante por medio de la inclusión de ceniza derivada de residuos de habas en la carretera Chasqui - Pilcuyo, Puno, en el año 2023. Se aplicaron proporciones de 2%, 5%, y 8% de ceniza de residuos de habas, la metodología fue aplicada – cuantitativo – experimental, el nivel es correlacional. La población está conformada por la subrasante del suelo existente de la carretera Chaqui Pilcuyo, la muestra está representada por 4 calicatas de tramo de inicio de 11+520 a 21+820 y de muestreo no probabilístico, la técnica observación directa y finalizando con instrumentos guías de campo y de laboratorio; como el IP, la MDS y el CBR.

Los resultados obtenidos de los análisis en las muestras de la subrasante indican que la dispersión del índice de plasticidad disminuye de 15% a 10% conforme se aumenta el porcentaje de CH. De igual manera, se percibe un incremento en los resultados de la dispersión de la MDS, aumentando de 1.896 gr/cc a 1.968 gr/cc, y del CBR, que se eleva del 2.30% al 25% con las adiciones de CH. En conclusión, el suelo con diferentes proporciones de CH muestra efectos positivos al influir de manera eficaz en la reducción del IP y en el aumento de la MDS y el CBR del suelo. Esto se presenta como una innovadora opción para mejorar las características de las subrasantes.

**Palabras clave:** Ceniza de residuos de habas, límites de consistencia subrasante, CBR.

## **Abstract**

In this study, the objective was proposed to improve the properties of the subgrade soils through the inclusion of ash derived from fava bean residues on the Chasqui - Pilcuyo highway, Puno, in the year 2023. Proportions of 2% were applied. , 5%, and 8% ash from bean residues, the methodology was applied – quantitative – experimental, the level is correlational. The population is made up of the subgrade of the existing soil of the Chaqui Pilcuyo highway, the sample is represented by 4 pits with a starting section from 11+520 to 21+820 and non-probabilistic sampling, the direct observation technique and ending with guiding instruments field and laboratory; such as the IP, the MDS and the CBR.

The results obtained from the analyzes on the subgrade samples indicate that the dispersion of the plasticity index decreases from 15% to 10% as the percentage of CH increases. Likewise, an increase is perceived in the results of the dispersion of the MDS, increasing from 1,896 gr/cc to 1,968 gr/cc, and of the CBR, which rises from 2.30% to 25% with the additions of CH. In conclusion, soil with different proportions of CH shows positive effects by effectively influencing the reduction of IP and the increase of MDS and CBR of the soil. This is presented as an innovative option to improve the characteristics of the subgrades.

**Keywords:** Bean residue ash, subgrade consistency limits, CBR.

## I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática internacional. A medida que la población incrementa y la cantidad de terreno disponible disminuye, se genera una creciente necesidad de construir estructuras sobre terrenos frágiles o suaves (1). Estos suelos expansivos se encuentran en muchos lugares del planeta. Estos tienen resistencias bajas, altamente compresibles y con cambios de volumen masivo, este tipo de suelos con los originan potencialmente daños en las vías, cimentaciones, edificios y otras geoinfraestructuras (2). El estado de la base subyacente desempeña un rol crucial en establecer la durabilidad de una superficie de pavimento (3). Ya que la subrasante funciona como una base para el pavimento, y las malas condiciones del suelo de la subrasante reducen la vida útil del pavimento, especialmente si la subrasante contiene suelos de capacidad portante muy baja, mala resistencia y con elevada plasticidad como los materiales de arcilla y limo (4).

Las propiedades indeseables de la subrasante pueden degradar el rendimiento de un pavimento, lo que lleva a inversiones increíblemente altas en las estrategias de rehabilitación durante su vida útil (5). La optimización de la base subyacente de las carreteras representa uno de los desafíos primordiales en la industria del transporte, dada la variedad de suelos existentes. A veces, se encuentran suelos débiles, que son inadecuados para soportar el peso propio de las capas de los pavimentos y las cargas del tráfico, lo que compromete la estabilidad de las carreteras. En este caso, o bien se sustituyen por material más adecuado o bien se modifican para aumentar su capacidad de carga. Lo primero es más costoso si el material no está disponible localmente. Se pueden realizar diversas técnicas de modificación, como la modificación química, utilizando aditivos tradicionales o no tradicionales (6). Para enfrentar los desafíos persistentes, los investigadores recomiendan mejorar las características ingenieriles del suelo in situ, también llamado como estabilización de la capa del suelo, y emplearlo para la construcción de carreteras (7). La estabilización del suelo se realiza mezclando aditivos que incluyen cemento, cal y cenizas volantes con suelos in situ problemáticos (8).

Realidad problemática nacional, en el Perú, la realización de obras viales influye en el crecimiento de la población, ya que facilita la interrelación con diferentes ciudades al interior y exterior del país. Al construir proyectos carreteros en su gran mayoría es afectada por el agua producto de los cambios climatológicos como la lluvia, también incluye la geología de la subrasante (9). Nuestro país, tiene una topografía diversa en la que se puede encontrar presentes diferentes características de suelos con arcilla, grava, limos y arena los cuales no cumplen con la capacidad de soporte mínimo para construir carreteras (10). Lo cual hace que las vías sean deficientes con características deficientes para resistir los impactos climáticos y el tráfico es por ello que, con el propósito de elevar la calidad de los suelos, es esencial llevar a cabo un proceso de mejora que considere las particularidades del entorno, los tipos de estructuras presentes y la finalidad que se pretenda darle (11).

Realidad problemática local, el departamento de Puno hasta el momento en la actualidad cuenta con vías deficientes las cuales según Ochoa (2022) él es porque se tiene una subrasante con baja capacidad portante que es de un CBR < 3 (9), el cual evidencia que los suelos no cumplen con los requerimientos de las normativas donde indican que el CBR del suelo debe ser mayor al 6% para que este tenga un buen desempeño, de la misma forma se observa la falta de mantenimiento y mejoramiento vial en diferentes zonas, los que generan diferentes molestias a la población, Por ende, en el estudio se integrará la ceniza de habas con el propósito de abordar el problema al enriquecer y potenciar las características del suelo, objeto de análisis.

Problema general ¿De qué manera influye la incorporación de cenizas de residuos de habas en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023? los **problemas específicos** se expresaron: ¿Cómo influye la incorporación de ceniza de residuo de habas en la reducción de la plasticidad de la carretera Chasqui-Pilcuyo ubicada en el departamento de Puno? Así mismo ¿Cómo se podrá mejorar la máxima densidad seca de la subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023? y ¿Cómo influye la incorporación de ceniza de residuos de habas en la capacidad de soporte de los suelos subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo ubicada en el departamento de Puno?

Justificación Teórica: Este estudio persigue el desarrollo de conocimientos orientados a mejorar las características físicas y características mecánicas de la sub-rasante. Se propone la adición de ceniza de residuos de habas al suelo inestable, empleando principios de consolidación y estabilización de suelos, con especial énfasis en la incorporación de cenizas de residuos vegetales. El objetivo es mejorar la infraestructura vial.

Justificación Práctica: A partir del análisis de los ensayos experimentales in-situ en laboratorio, estos resultados proporcionarán la información esencial para determinar la cantidad precisa de ceniza de residuo de habas a incorporar al suelo. El propósito es realzar las propiedades físico-mecánicas de la capa inferior.

Justificación Metodológica: Se pretende explicar una nueva alternativa para el mejoramiento del suelo en sus características físicas y características mecánicas mediante la incorporación de restos de cultivos naturales presentes en la zona de aplicación continua. La mejora de la firmeza y las características del suelo de la subrasante se llevará a cabo mediante diversas pruebas de mecánica de suelos para su estabilización con cenizas de residuo de habas.

Justificación Social: Este estudio tiene como objetivo beneficiar a la población y a la ciudad en general, contribuyendo a que la ciudadanía disfrute de carreteras en condiciones adecuadas y que, con el paso del tiempo, no presenten problemas estructurales en el pavimento.

**Objetivo general:** mejorar las propiedades de los suelos de subrasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023. Derivado en los **objetivos específicos** reducir el índice de plasticidad de los suelos de subrasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023. Así mismo Mejorar la máxima densidad seca en la subrasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023. Como también Elevar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.

**Hipótesis General:** La dosificación adecuada de ceniza de residuo de habas tiene el potencial de mejorar las características del suelo de subrasante en la Carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, en el año 2023. En este sentido, se plantean **hipótesis específicas** que sugieren que la adición de ceniza de residuo de habas podría disminuir la plasticidad de los suelos fundamentales de la carretera Chasqui-

Pilcuyo, Puno, en 2023. Además, se postula que la inclusión de ceniza de residuo de habas podría aumentar la máxima densidad seca de los suelos fundamentales de la mencionada carretera. Asimismo, se plantea la hipótesis de que la introducción de ceniza de residuo de habas tendría como resultado un aumento en el CBR de los suelos fundamentales de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, en 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes Nacionales

Como antecedentes a nivel nacional se tiene a Chalco y otros (2022) donde su propósito fue examinar los efectos de la inclusión de cenizas originadas en los tallos de habas y arvejas con el fin de perfeccionar la configuración del material de afirmado en Paucartambo, situada en la región de Cusco. La investigación abordó un diseño experimental de carácter aplicado, empleando un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Los resultados se derivaron del análisis de 12 muestras extraídas del material de afirmado, evaluando los límites de consistencia para la muestra natural y aquellas con ceniza de habas en proporciones de 2%, 4% y 6%. Los valores obtenidos fueron del 10%, 10%, 11% y 8% para el límite de plasticidad (OCH), y del 5.0%, 5.7%, 6.0% y 6.3% para el límite de plasticidad (LCH). En cuanto a la MDS (máxima densidad seca), se registraron cifras de 1.415 gr/cm<sup>3</sup>, 1.415 gr/cm<sup>3</sup>, 140.5 gr/cm<sup>3</sup> y 140.2 gr/cm<sup>3</sup>, junto con un índice de soporte CBR de 57.2%, 77.7%, 72.5% y 72.3%, respectivamente. Estos resultados sugieren que la incorporación del 6% de ceniza de habas consigue disminuir los límites de consistencia y mejorar el CBR del material de afirmado, en conformidad con las normativas pertinentes (12).

En la investigación llevada a cabo por Cornelio y su equipo (2023), el propósito principal fue analizar el impacto generado por la inclusión de ceniza derivada de la CH (cáscara de habas) y HH (hojas de higo) en las características físicas y características mecánicas de la sub-rasante en la Avenida El Sol de Naranjal, Lima-2022. La metodología adoptada fue aplicada, empleando un diseño experimental con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. En el proceso de evaluación, se realizaron tres calicatas, y a las muestras extraídas se les incorporaron distintos porcentajes de ceniza de cáscara de habas (CCH) y hojas de higo (CHH): 0 %CCH + 0%CHH, 0.3%CCH + 0.7%CHH, 1.0%CCH + 2.0%CHH y 2.0%CCH + 3.0%CHH. Los resultados de los ensayos revelaron los siguientes índices de plasticidad para la muestra C-1: 12.53%, 12%, 11.90%, 10.60%; para la C-2: 13.5%, 11%, 8.8%, 8.1%; y para la C-3: 13.67%, 11.30%, 9.40%, 5.90%. Respecto al límite de plasticidad (OCH), la C-1 mostró valores de 14%, 10%, 9.7%, 8.5%; la C-2 registró 14.1%, 12.2%, 12%, 11.1%; y la C-3 presentó 13.8%, 13%, 10.9%, 7.3%. En cuanto

a la MDS (máxima densidad seca), la C-1 exhibió valores de 1.617 g/cm<sup>3</sup>, 1.900 g/cm<sup>3</sup>, 2.090 g/cm<sup>3</sup>, 2.190 g/cm<sup>3</sup>; la C-2 registró 1.620 g/cm<sup>3</sup>, 1.728 g/cm<sup>3</sup>, 1.785 g/cm<sup>3</sup>, 1.960 g/cm<sup>3</sup>; y la C-3 presentó 1.659, 1.830, 2.095, 2.340 g/cm<sup>3</sup>. Por último, en cuanto al índice de soporte CBR, la C-1 obtuvo valores de 8.6%, 11%, 15.8%, 17.8%; la C-2 registró 8.5%, 11.3%, 15%, 21.6%; y la C-3 presentó 8.1%, 9.7%, 13.7%, 19.5%. Los datos obtenidos llevaron a concluir que la implementación de ceniza de habas y hojas de higo tiene un impacto significativo en las características del suelo analizado (13).

La finalidad de la investigación realizada por Chura y otros (2022) es examinar los impactos derivados de la inclusión de cenizas procedentes de hojas de cañihua y haba con el propósito de mejorar la subrasante de la carretera Caracoto – Coata, Puno, en el año 2022. Este estudio se sitúa en un diseño cuasi experimental de índole aplicada, adoptando un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Se llevaron a cabo evaluaciones en las muestras extraídas, incorporando cenizas de habas con ceniza de cañihua en distintos porcentajes de 0CHH+0CHC, 2CHH+2CHC, 2CHH+3CHC, 2CHH+4CHC, 3CHH+2CHC, 3CHH+3CHC, 3CHH+4CHC, 4CHH+2CHC, 4CHH+3CHC y 4CHH+4CHC ensayadas las muestras se determinó los índices de plasticidad los resultados fueron 15.3%, 14.22%, 14.03%, 13.88%, 13.02%, 11.56%, 12.06%, 10.82%, 9.11% y 9.06%, un OCH de 16.05%, 15.31%, 14.26%, 14.39%, 13.98%, 13.29%, 12.84%, 12.58%, 11.88% y 11.12%, un MDS de 1.85 gr/cc, 1.86 gr/cc, 1.87 gr/cc, 1.88 gr/cc, 1.89 gr/cc, 1.90 gr/cc, 1.91 gr/cc, 1.92 gr/cc, 1.94 gr/cc y 1.93 gr/cc y el CBR fue 5.2%, 5.1%, 6.2%, 6.5%, 5.3%, 8.0%, 9.4%, 10.7%, 10.7% y 9.5%. Se concluye que con un 4%CHH + 3%CHC se logra reducir la plasticidad del suelo así mismo con la misma combinación se logró incrementar el CBR del suelo analizado (14).

### **Antecedentes Internacionales**

En referencia a investigaciones internacionales, Andaluz (2022) se planteó la investigación con el propósito de examinar el impacto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades del suelo fino de subrasante. Se optó por un enfoque metodológico de naturaleza experimental, caracterizado por un nivel exploratorio y descriptivo. En las zonas de Santa Isabel, Fátima y Veracruz, se llevaron a cabo pruebas que involucraron la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de cáscara de arroz (0%, 1%, 3%, 5% y 8%). Los resultados derivados de las muestras

S-1, S-2 y S-3 evidenciaron cambios en la máxima densidad seca (MDS), el contenido óptimo de humedad (COH) y el índice de soporte CBR. Para la MDS de S-1, se obtuvieron valores de 1.241 g/cc, 1.234 g/cc, 1.222 g/cc, 1.219 g/cc y 1.178 g/cc; para S-2, se registraron 1.261 g/cc, 1.251 g/cc, 1.236 g/cc, 1.198 g/cc y 1.164 g/cc; y para S-3, se presentaron 1.236 g/cc, 1.216 g/cc, 1.183 g/cc, 1.156 g/cc y 1.137 g/cc. En cuanto a los COH para S-1, los valores fueron 31.9%, 32.5%, 33.1%, 34.7%; para S-2, se observaron 28%, 28.4%, 29.7%, 31.5% y 32.1%; y para S-3, se obtuvieron 32.5%, 32.9%, 33.5%, 34.2% y 35%. Respecto al CBR, S-1 presentó valores de 7.80%, 9.20%, 10.205%, 11.50% y 12.10%; para S-2, los datos fueron 8.60%, 9.90%, 12.10%, 12.30% y 13.20%; y para S-3 se registraron 8.40%, 9.05%, 10.8%, 11.8% y 13.50%. Finalmente, se determinó que la introducción de ceniza proveniente de cáscara de arroz tiene un efecto beneficioso en las características del suelo, evidenciándose en la reducción de su plasticidad y un incremento significativo en el índice CBR en los tres sectores analizados (15).

Fajardo y otros (2022) se propusieron examinar el comportamiento geotécnico de la capa de afirmado y la subrasante en el barrio San Jorge de Ibagué, utilizando ceniza derivada del bagazo de caña de azúcar. La metodología aplicada en este estudio es de índole experimental y se divide en cuatro etapas: revisión exhaustiva de la literatura, recolección de material, ejecución de pruebas de laboratorio y análisis y discusión de los resultados obtenidos. Los datos derivados de las muestras de subrasante, tanto para el suelo estándar como para aquellas con inclusiones del 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, revelaron propiedades significativas del suelo. Se identificaron humedades óptimas de 10.35%, 9.02%, 12.65% y 8.35%, junto con densidades máximas secas de 1.965 g/cc, 1.805 g/cc, 1.685 g/cc y 2.134 g/cc, respectivamente. Asimismo, se calcularon los CBRs, que fueron del 6%, 12% y 11%. A partir de estos resultados, se infiere que la adición de un 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar logra mejorar las propiedades del suelo (16).

Apolinario y otros (2022) se propusieron examinar el diseño de la concha de coco (seco) y los residuos de la ceniza de la cáscara de maní como agentes estabilizadores para estructuras de pavimento a nivel de la subrasante. La metodología empleada en la investigación se caracteriza por un enfoque cuantitativo y un alcance exploratorio. A través de pruebas realizadas en muestras

de suelo natural y muestras con adiciones de 5%CC+5%CCC, 10%CC+10%CCC, 20%CC+20%CCC, 25%CC+25%CCC, se determinaron los índices plásticos, los cuales arrojaron valores de 53%, 40%, 20%, 11% y 8%, respectivamente. El contenido óptimo de humedad (OCH) varió entre 21.6% y 11.8%. En cuanto al peso unitario seco, se registraron valores de 1.442 g/cc y 1.969 g/cc, y el índice de soporte CBR mostró resultados de 7.80%, 33%, 29.73% y 25.73%. Los datos recopilados llevaron a concluir que la adición óptima es de 25%CC+25%CCC, ya que proporciona una plasticidad reducida y un CBR más elevado en comparación con la muestra natural (17).

### **Artículos relacionados**

En el artículo de investigación liderado por Ewa y su equipo (2023), el objetivo principal es mejorar de manera sostenible la subrasante mediante la utilización de polvo de piedra caliza y ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar. La metodología adoptada es de carácter experimental. Durante el análisis del suelo en su estado natural, se registraron valores de Índice de Plasticidad (IP) de 15.20%, Óptimo de Contenido de Humedad (OCH) de 24.5%, Máxima Densidad Seca (MDS) de 1.74 kg/cm<sup>3</sup>, y California Bearing Ratio (CBR) de 6.92%. Posteriormente, mediante la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en proporciones del 5%, 10%, 15%, 25%, y 50%, se observaron variaciones en los parámetros. Los nuevos valores de IP fueron 15.8%, 12.2%, 11.1%, 11.8%, 11.9%, y 12%, mientras que los OCHs fueron 25%, 24%, 23.6%, 23.2%, 27%, y 26.9%. Las MDSs resultaron en 1.75, 1.77, 1.79, 1.65, y 1.68 kg/cm<sup>3</sup>, y los CBRs fueron 7%, 7.8%, 7.9%, 8.5%, 10%, y 9.8%. La conclusión extraída de estos resultados indica que la incorporación de un 15% de residuos de bagazo de caña de azúcar (ceniza) logra estabilizar el suelo, disminuyendo su plasticidad y aumentando su capacidad de soporte (17).

Alemshet y su equipo (2023) se propusieron investigar el efecto conjunto de las cenizas volantes (FA) y la escoria de acero molida (PGSS) en la mejora del suelo expansivo de la capa de sub-rasante. La metodología empleada en el estudio fue de carácter experimental. Se llevaron a cabo análisis en muestras naturales y en muestras con incorporación de diferentes proporciones, que incluyeron 0%FA + 0%PGSS, 5%FA + 2.5%PGSS, 10%FA + 5%PGSS, 15%FA + 7.5%PGSS, 20%FA + 10%PGSS y 25%FA + 12.5%PGSS. Los resultados obtenidos incluyeron índices

de plasticidad (IP) de 25.2%, 20.2%, 15%, 12%, 10.2%, 8.3% y 6.8%. Los contenidos óptimos de humedad (OCH) variaron entre 19.2% y 16.8%. Las máximas densidades secas (MDS) se situaron en 1.48, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 y 2.0 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que el índice de soporte CBR registró valores de 0.2%, 3.5%, 5.8%, 8%, 13.35 y 11.9%. En resumen, se halló que la adición de estos materiales mejoró las características del suelo, aumentando su capacidad y reduciendo la plasticidad del suelo en estudio (18).

El estudio realizado por Rai (2021) se planteó determinar el impacto de la ceniza volante y el cemento en las características ingenieriles de la sub-rasante mejorada. La metodología empleada fue de naturaleza experimental. A través de pruebas físicas y mecánicas, se evaluaron las muestras en su estado natural y con la adición de CV y cemento, en combinaciones factoriales de 0%FA+0%OPC, 5%FA+2%OPC, 10%FA+4%OPC, 15%FA+6%OPC, y 20%FA+8%OPC. Los resultados obtenidos para estas combinaciones fueron los siguientes: Índice de Plasticidad (IP) de 10%, 11.2%, 8.5%, y 10.6%; MDS de 2.11 g/cc, 2.18 g/cc, 2.28 g/cc, 2.35 g/cc, y 2.42 g/cc; y California Bearing Ratio (CBR) de 2.9%, 4.6%, 6.67%, 8.23%, y 10.12%. La conclusión extraída de la investigación destaca que la combinación 15%FA+6%OPC logra mejorar las características del suelo, obteniendo un CBR más elevado y una plasticidad reducida en contraste con la muestra inicial analizada (19).

## TEORÍAS

### **Variable 1: Características mecánicas de la subrasante**

**El Suelo.** Representan las capas que cubren superficialmente la tierra y mantiene con vida la vegetación y animal. Así mismo sirve de soporte para establecer comunidades humanas y una fuente de materia prima para generar diferentes actividades económicas. El suelo se forma estructuralmente gracias al desintegrado de las rocas y por efecto del movimiento sísmico, las modificaciones de temperatura, el viento y las precipitaciones (20). Del mismo modo los suelos son definidos como un material no consolidado el cual tiene en su composición diferentes partículas de solido con gases y liquido incluido, así mismo están las gravas, la arena, arenas aluviales, arcilla, arcilla marina, arcilla depositada por glaciares, roca meteorizada (21).

**Teoría de la formación física del suelo.** La formación física de los suelos se debe a las variaciones producidas por el medio ambiente, variaciones de temperaturas, corrientes de vientos, fuertes lluvias y cambios de presión. La formación de suelos de forma física inicia mediante el desgaste de la roca madre en el proceso de meteorización, los cambios de temperatura en la forma más crítica donde lentamente desintegran la roca generando materiales más pequeños y diminutos, los factores que implican son el hielo, el agua o el sol son elementos que dan origen al suelo (22).

**Teoría de la formación biológica del suelo.** La formación biológica se debe a la acción de seres vivos micro organismos como son (hongos, bacterias, cultivos, etc.) el suelo se produce en las cimentaciones de las plantas donde la capa superior del suelo, también las raíces de los árboles rompen las rocas generando partículas más pequeñas dando origen al suelo, también los materiales orgánicos capases de deteriorar rocas en gran escala como son los musgos, líquenes, materiales descompuestos orgánicos, animales muertos en descomposición entre otros donde estos elementos dan origen al suelo con el material de humos (23).

**Teoría de la formación química del suelo.** El proceso químico del suelo se produce mediante la acción de elementos como el agua, el oxígeno y el dióxido de carbono con los que generan reacciones en las rocas para deteriorarlas. Los elementos del medio ambiente se implantan en el terreno para producir variaciones químicas como su oxidación entre otros. Para la formación química también influyen

el incremento de las lluvias y precipitaciones, quienes agregan la acidificación y otros elementos químicos que generan y dan origen al suelo (22).

**Consistencia del suelo.** Es la unión entre los materiales finos que tiene como finalidad dar firmeza. La consistencia de suelo se verifica mediante muestras de suelo seco, húmedo o mojado, esta naturaleza cohesiva es debida a la absorción de agua que envuelve a las partículas de la arcilla, cuando la saturación es demasiado alta el suelo pierde resistencia y a la vez sus propiedades físico mecánicas a tal punto de formar un material de forma líquida, el suelo tiene una división de 4 estados que son sólido, semisólido, líquido y plástico, la cantidad de agua define el cambio del suelo y se mide en porcentajes donde tenemos de sólido a semisólido es llamado límite de contracción de semisólido a plástico es llamado límite plástico y por ultimo de plástico a líquido es llamado límite líquido también conocidos como límites de Atterberg, donde el índice de plasticidad obtenido (IP) se obtiene mediante la resta entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo (23).

**Clasificación de Suelos:** Estos son clasificados por los parámetros del método SUCS y los parámetros del método AASHTO, ver tabla 1.

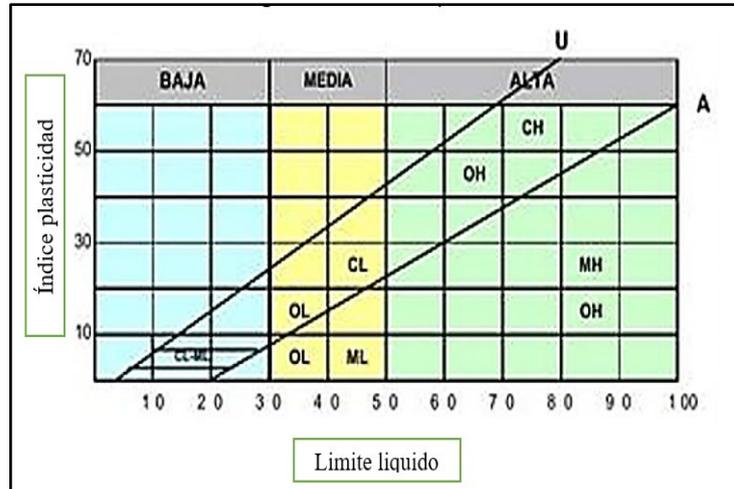
**Tabla 1.** *Parámetros de clasificación de los suelos.*

<b>SUCS ASTM – D - 2487</b>	<b>AASHTO M - 145</b>
SW, SP, GW, GP, GM,	A-1-a
SM, SP, GM, GP	A-2-b
SM, SP, GM, SC	A-2
SP	A-3
ML, CL	A-4
CH, ML, MH,	A-5
CH, CL	A-6
CH, MH, OH	A-7

Fuente: Manual de carreteras (24).

**Sistema de clasificación AASTHO.** Se separa en dos secciones por el método de clasificación AASHTO como son: el primer grupo son los suelos granulares grupos A1, A2 y A3, aceptables para la capa de subrasante. En el siguiente grupo se encuentra los suelos con porcentajes de finos los que se agrupan en secciones considerando el LL, IP y su granulometría A4, A5, A6 y A7 ver la figura 1.

**Sistema de clasificación SUCS.** En el estudio de la clasificación del suelo se realiza previamente el análisis granulométrico del suelo con el estudio de tamizado, también es denominada clasificación avanzada reformada de Casagrande ver las figuras.



**Figura 1.** Carta de plasticidad

**Nota:** (G = gravas, M = limo, O = orgánicos, W = bien gradadas, S = arenas, C = arcilla, P = mal gradadas, L = baja compresibilidad, H = alta compresibilidad).

**Fuente:** Obtenido de Braja (25 pág. 83).

## Variable 2: Estabilización con ceniza de habas

**La estabilización.** La técnica de estabilización del suelo implica la mejora de las características geotécnicas con el objetivo de lograr un comportamiento favorable del suelo ante cargas estáticas, dinámicas, variaciones climáticas y otras condiciones (26). El mejoramiento y estabilización de los suelos es muy importante para diseñar y construir las obras viales, con este método se define como mejorar los suelos de subrasante incrementando sus propiedades físicas y mecánicas haciéndolo más resistente para proyectar obras de infraestructura vial, como también es el mejoramiento de los suelos arcillosos y limosos mediante los procesos físicos, químicos y mecánicos de los materiales de préstamo de relleno o de los suelos naturales en corte con el fin de tener una mejor resistencia (27). Se tiene en el desarrollo para este tipo de suelos en in situ una mejor solución para su estabilización que genere menores costos y tenga un buen control de calidad, las metodologías para mejorar el suelo estas se clasifican en dos clases primordiales: estabilización mecánica y estabilización química (25) La mejora se logra a través del fortalecimiento de las características físicas y características mecánicas del

sustrato fundacional, mediante la implementación de técnicas mecánicas y la introducción de elementos, ya sean de origen natural, sintético o químico. Estos métodos de estabilización son aplicados en terrenos con limitada resistencia, como aquellos compuestos por arcilla o limo, que se encuentran en la capa subyacente y presentan una capacidad de soporte deficiente o muy baja, lo cual podría ocasionar desafíos en relación al pavimento (24 pág. 92).

**Estabilización de suelos.** Esto constituye un procedimiento de construcción empleado para enriquecer las cualidades inherentes al sustrato o material presente en la zona de trabajo, con el objetivo de realzar aspectos tales como las propiedades mecánicas, la estabilidad de determinados materiales, la manejabilidad y la capacidad de resistencia a la fricción en el suelo sometido a tratamiento (28). La estabilización de suelos en carretas es muy importante para su mayor duración y garantía, estos suelos problemáticos son los materiales cohesivos orgánicos y expansivos de una elevada y baja resistencia de soporte de carga que podrían ocasionar deterioro y fallas estructurales donde tenemos que dar solución mediante La mejora de la capa subrasante a través de la incorporación de agentes estabilizadores en procesos de estabilización del suelo (24 pág. 92).

**Consideraciones geotécnicas para mejorar la estabilidad de terrenos.** El mejoramiento de suelo se realiza cuando se presenta material defectuoso e inestable con una subrasante de CBR menor e igual al 6% la cual no es adecuada para la construcción de infraestructuras, o se tiene presencia de suelos de rellenos no controlados o suelos con humedades elevadas. Por lo tanto, se analizarán minuciosamente estos suelos inestables de alta plasticidad y baja resistencia como son los materiales limosos, arcillosos y las arenas limosas y arcillosas para poder dar una solución de mejoramiento en sus propiedades físicas y mecánicas, la estabilización mediante los procesos mecánicos, químicos o sustitución de material serán beneficiosos para implantar la infraestructura con mayor garantía (24 pág. 94).

**Tipos de estabilización.** Braja (2015) menciona que para estabilizar el suelo que contiene material de baja resistencia y mejorar sus propiedades físicas y mecánicas los podemos clasificar la estabilización en diferentes tipos como:

**Estabilización química.** El mejoramiento químico consiste en agregar elementos de otros materiales de fundición y aditivos químicos como son: los productos

asfálticos, escorias de fundición, cal y otros aditivos; estos aditivos sirven para mejorar y modificar las características físicas y características mecánicas de los suelos. Se utiliza con fines de superar sus características anteriores incrementando su resistencia, generando un suelo factible a la manipulación y facilitar la construcción. También, este tipo de estabilizaciones nos ayuda a disminuir la inestabilidad del suelo como son los suelos arcillosos y limosos (29).

**Estabilización mecánica.** El mejoramiento mecánico involucra procedimientos que incrementan las propiedades de resistencia mediante el uso de diferentes refuerzos que proporcionan constructibilidad y acceso sobre suelos blandos. Mediante el mejoramiento mecánico es posible reducir espacios vacíos dando mayor firmeza al suelo, es una forma de estabilizar que no afecta la estructura, se utiliza la compactación del suelo de manera estática para incrementar su densidad, resistencia mecánica, y reducir el volumen de espacios vacíos. También se puede mencionar que el mejoramiento mecánico es aquel con el que se alcanza una mejora considerable en un suelo sin producir cualquier tipo de reacción química de importancia (30).

**Mejora mediante la sustitución de suelos para lograr la estabilización.** La estabilización por sustitución es reemplazar la materia de baja resistencia y mala calidad por otro traído de las canteras que cumplen los requisitos para la implantación de la infraestructura (31).

**Estabilización física.** Consiste en mejorar y modificar las propiedades del suelo produciendo cambios físicos en él, así aportarle características estructurales nuevas, dentro de las cuales se pueden encontrar las siguientes estabilizaciones: Los Geotextiles, son telas con tipo mallas con característica permeable que no se degrada, este puede ser empleado como filtro y también para comprobar la erosión de los suelos y para transportar lodos. La Mezcla de suelos, en este método de estabilización se añade un tipo de suelo con caracteres necesarios de forma que se mejore el suelo, a este método le acompaña una buena compactación (32).

**Estabilización con ceniza de habas.** La ceniza de residuo de habas se utilizará como un aditivo para mejorar el terreno de fundación, este tipo de estabilización es llamada estabilización química que es usada en suelos de granos muy finos y plásticos como son los suelos arcillosos y limosos. Para estabilizar las propiedades geotécnicas, cambiando sus propiedades fisicoquímicas se realiza estos

mejoramientos para mayor confiabilidad y resistencia del suelo de fundación en este tipo de materiales que tienen una estabilidad inadecuada con propiedades de resistencia y durabilidad muy baja. Además, este tipo de estabilización resulta menor costosa por la reutilización de material desechable. En nuestro país el estudio de estabilizantes de suelo es muy escasos por este motivo se hace esta investigación para poder tener menores costos y mayores beneficios para la población el gozar infraestructuras de calidad y garantía.

**Tipo de suelo cohesivo y no cohesivo.** Los suelos cohesivos son materiales de granos diminutos como la arcilla y el limo estos suelos presentan una alta plasticidad donde genera un soporte de carga no confiable y tienen una baja permeabilidad en tanto los suelos no cohesivos son material resistente que pueden soportar cargas son de granos de mayor tamaño y tienen mayor confiabilidad para implantar una infraestructura.

**Pruebas para estabilizar los suelos.** Para obtener una buena estabilidad en los suelos, se debe seguir diferentes procesos como los que son los ensayos para evaluar los materiales en laboratorio donde se realizan los ensayos para determinar la distribución del material, su clasificación, los límites de consistencia, posterior a esos ensayos se realiza el Proctor modificado que es importante para obtener las densidades de los suelos así como sus humedades optimas y finalmente, se cierra con un análisis de gran relevancia que es CBR, utilizado para analizar la capacidad de carga de los suelos. Además, en el ámbito práctico, se deben llevar a cabo ensayos de cono de Abrams para evaluar el grado de compactación y consolidación de las capas que componen la estructura del pavimento. Todo esto se realiza con el propósito de determinar si el suelo posee las propiedades necesarias para resistir las cargas generadas por el tráfico vehicular o para mejorar sus características.

## **ENFOQUES CONCEPTUALES**

### **Variable 1: Estabilización de subrasante**

**La Subrasante.** que actúa como el soporte natural, compactado y preparado para la proyección de la construcción del pavimento, desempeña una función crucial. Su papel implica proporcionar un sustento adecuado para evitar alteraciones abruptas, especialmente en presencia de suelos expansivos. En tales circunstancias, resulta imprescindible brindar una atención meticulosa y analizar detalladamente el valor de la capacidad de soporte del suelo. Las características esenciales que deben ser

objeto de investigación para la subrasante engloban aspectos físicos como la distribución granulométrica, los límites de Atterberg, el contenido de agua y la densidad del suelo. En lo referente a las propiedades de rigidez, se exploran el “módulo de resiliencia” y los valores del CBR, mientras que en el ámbito de las propiedades hidráulicas, se trata la permeabilidad (consultar la tabla 2) (33).

**Tabla 2.** *clasificación según criterios CBR (Subrasante).*

<b>CBR</b>	<b>Categoría de sub- rasante</b>
CBR < 3%	inadecuada = S0
CBR ≥ 3% A CBR <6%	insuficiente = S1
CBR ≥ 6% A CBR <10 %	regular = S2
CBR ≥ 10% A CBR < 20%	bueno = S3
CBR ≥ 20% A CBR < 30%	muy buena = S4
CBR ≥ 30%	excelente = S5

Fuente: Manual de carreteras (24).

### **Granulometría**

Este ensayo en laboratorio consiste en la determinación de las cantidades en las que se distribuyen cada partícula de suelo en función a sus tamaños, los cuales a medida que pasan por las mallas se van fraccionando de forma que es posible determinan la cantidad de arena fina, arena y grava que conforma el suelo, con los que luego se puede clasificar el tipo de acuerdo a SUCS y AASTHO. El objetivo principal es separar el tamaño de cada partícula por medio de los tamices número 4 que separa la grava de la arena como también tenemos al tamiz número #200 que separa la arena y limos de las arcillas. Para cada grupo de partículas se dividen dependiendo de los tamices utilizados (34).

**Tabla 3.** *Clasificación por tamaño de partículas*

<b>Tipo de material</b>	<b>Tamaño de partículas</b>
<b>Grava</b>	75mm – 4.75 mm
<b>Arena</b>	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00mm
	Arena gruesa: 2.00 mm – 0.075mm
	Arena gruesa: 0.424 mm – 0.075mm
<b>Material fino</b>	Limo 0.075mm-0.005mm
	Arcilla Menor a 0.005mm

Fuente: Obtenido del Manual de carreteras (24).

### **Contenido de humedad**

Se refiere al nivel de humedad presente en los suelos naturales, medido a través del ensayo MTC E 108. Este parámetro facilita la compactación y la adquisición de solidez, especialmente cuando se alcanza la humedad óptima, la cual se determina mediante análisis de Proctor y se utiliza para evaluar el CBR del suelo. Este ensayo busca determinar si la humedad natural es igual (=) o inferior (<) a la humedad óptima.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S}$$

**Dónde:**

W: Contenido de humedad

Ms: Masa del suelo seco

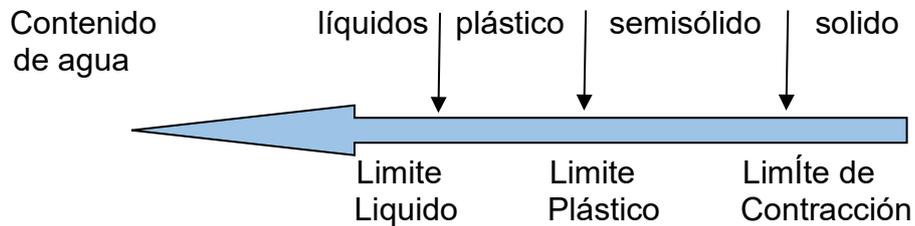
Mw: Masa del agua

Mc: Masa del contenedor

Mcs: Masa del contenedor y el suelo seco

Mcws: Masa del contenedor y suelo húmedo.

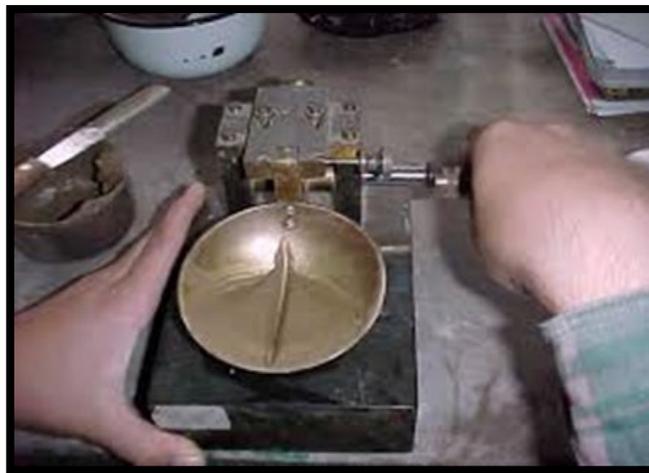
**Límites de Atterberg.** Se identifican cuatro estados fundamentales: sólido, semisólido, líquido y plástico, los cuales están directamente relacionados con la variación en el contenido de agua. Es relevante destacar que durante el proceso de contracción, la transición del estado sólido al semisólido es evidente. Asimismo, el ensayo del límite plástico se realiza al pasar de la fase semisólida a la plástica, en cambio la prueba del LL se efectúa cuando el material cambia de la fase plástica a la líquida. Estas condiciones experimentan variaciones más pronunciadas a medida que la muestra se satura con mayor humedad, generando un aumento en la plasticidad del suelo. Los niveles y características de estos estados exhiben variaciones en función del contenido de humedad presente en la muestra, siendo más notorios en suelos con composición arcillosa-limosa y en ambientes naturales, como se ilustra en la figura 2 (34).



**Figura 2.** Consistencia de suelo

Fuente: Braja (25)

**Limite líquido.** es una prueba que se desarrolla en el laboratorio con el equipo de Casagrande, se realiza mediante un material puesto en el cucharon, haciendo una abertura con el instrumento acanalador, se gira la manija del equipo para que la cuchara caiga sobre una base rígida a una distancia vertical de 1cm, se dan 40 impactos De esta manera, se procede al determinado del contenido de humedad contenido en las muestras de los suelos de textura fina ver figura 3 (34).



**Figura 3.** Prueba de consistencia líquida.

Fuente: Elaboración propia

**Limite plástico.** Esto conlleva a realizar un ensayo en laboratorio que nos determina el estado plástico de la muestra mediante el incremento de humedad donde se destruye la cohesión, un suelo es plástico cuando al momento de incorporar agua a la muestra y este material conjunto se puede manipular y generar formas muy fácilmente hasta el punto de ser moldeados a lo deseado entonces es

un material de suelo en estado plástico, donde estos suelos de alta plasticidad mayormente se presentan en la arcilla. El ensayo se desarrolla por la manipulación de generar rodillos circulares con un diámetro de 3mm para luego ser colocados para su secado en el horno por un tiempo de 24h, luego retirar las muestras y ser pesados con el fin de calcular el nivel de agua ver figura 4 (34).



**Figura 4.** Prueba de consistencia plástica

Fuente: Elaboración propia

**Índice de plasticidad.** Se calculará el IP mediante la disparidad entre el LL y el LP, tal y como se presenta en la siguiente tabla:

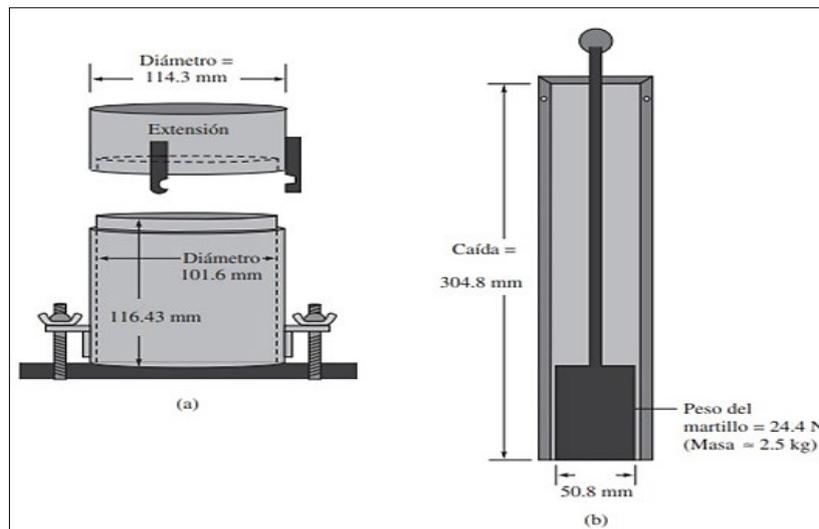
**Tabla 4.** Cuadro de plasticidad de los suelos

Características	Plasticidad	Índice de plasticidad
Muy arcillosos	Alta	$IP > 20$
Arcillosos	Media	$IP \leq 20$ $IP > 7$
Poco arcillosos Plasticidad	Baja	$IP < 7$
Exentos de arcilla	No plástico (NP)	$IP = 0$

Fuente: Obtenido del Manual de Carreteras Suelos, Geología y Pavimentos (MTC, 2014).

**Ensayo de Proctor modificado.** La prueba consiste en examinar y gestionar la eficacia del aplastamiento de un material. Mediante esta prueba, es posible calcular la densidad en seco del material en conexión con el nivel de agua, como resultado de la potencia mecánica del comprimido específico; La ejecución de este ensayo involucra la combinación de un cierto porcentaje de material del suelo junto a la cantidad de agua. Se introduce una quinta parte del material en un molde, ajustando el volumen de agua para calcular la máxima humedad y densidad. Este

procedimiento se lleva a cabo en cinco capas, donde cada capa recibe 60 impactos de un peso específico. Es crucial que las capas estén uniformemente distribuidas para lograr resultados precisos ver figura 5 (29).



**Figura 5.** Equipo de ensayo Proctor

Fuente: Braja (25 pág. 93).

El peso del martillo en Proctor estándar es de 2.5 kg, a diferencia de que para el Proctor modificado el mazo pesa 4.536 kg. Esto es en función a lo especificado por cada una de las pruebas ya sea Proctor modificado o estándar.

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Altura de la caída del martillo	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>	591.3 kN-m/m <sup>3</sup>
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.75 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm

**Figura 6.** Requisitos del ensayo Proctor Estándar

Fuente: Braja (25 pág. 100)

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>	2696 kN-m/m <sup>3</sup>
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

**Figura 7.** Requisitos del ensayo Proctor Estándar

Fuente: Braja (25 pág. 10)

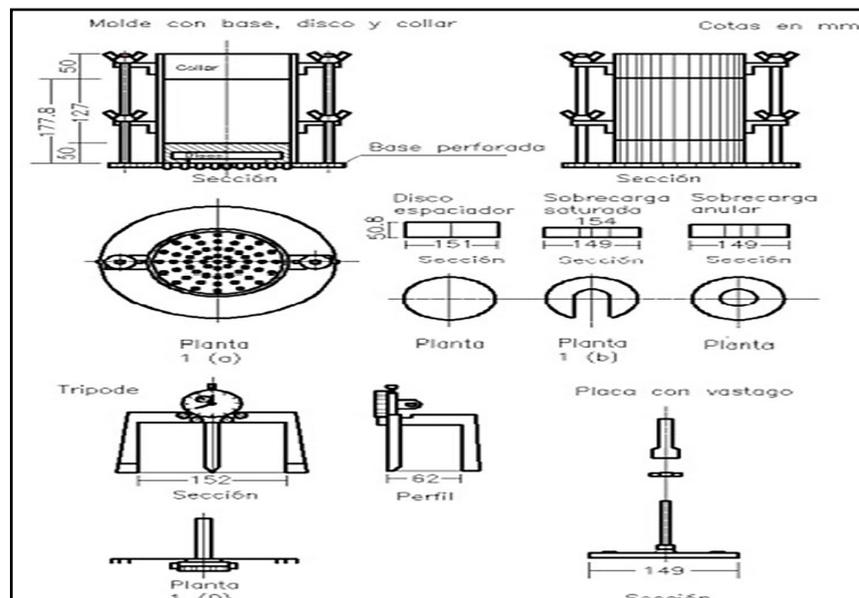
**Californian Bearing Ratio (CBR).** Engloba la evaluación y el análisis efectuados para examinar la resistencia de los suelos, teniendo en cuenta la dependencia entre la carga y la penetración en las muestras que requieran estudio. Luego, Con el fin de evaluar las capacidades de carga en los suelos, se ejecutan ensayos iniciales, como la granulometría y los límites de consistencia. Un ensayo particularmente crucial es el Proctor modificado. A través de estos análisis y estudios, obtenemos la densidad y la humedad óptima de los especímenes de suelo. Para calcular el Índice de Soporte California (C.B.R.), Se realizará un análisis de la superficie del terreno en su estado natural, así como de la capa o subcapa de relleno que abarca los últimos 1,50 metros de espesor por debajo de la cota de base establecida en el diseño. Esto se aplica a menos que los planos de diseño o descripciones especiales indiquen un grosor distinto. La subrasante en el fondo o última subrasante de la excavación del terreno natural será categorizada en función del Índice de Soporte California (C.B.R.) ver la figura 5 (35).

**Tabla 5. Clases de sub - rasante**

CBR	Categoría por sub- rasante
CBR < 3%	inadecuada = S0
CBR ≥ 3% A CBR <6%	insuficiente = S1
CBR ≥ 6% A CBR <10 %	regular = S2
CBR ≥ 10% A CBR < 20%	buena = S3
CBR ≥ 20% A CBR < 30%	muy buena = S4
CBR ≥ 30%	excelente = S5

Fuente: EG, 2014.

El ensayo de CBR es importante para establecer qué clase de suelo de fundación tenemos y cuáles son sus características físicas y características mecánicas de estos, ya que presentamos suelos arcillosos y limosos; si no se consideran adecuadamente, podrían generar consecuencias negativas que afecten posteriormente la ejecución de la edificación del terraplén ver figura 8.



**Figura 8.** Equipos para el CBR

Fuente: Obtenido del Manual de Ensayo de Materiales (EM, 2016)

**Variable 2: Estabilización con ceniza de habas**

**Los tallos de habas.** El habas es una planta de la familia fabáceas de color verde y o con unas manchas más o menos intensas, de acuerdo a su variedad esta es cultivada desde hace muchos años, su tallo es de forma cuadrangular y cóncavo el cual alcanza una altura de 0.8 a 2 metros aproximadamente, luego de realizar la extracción del fruto de habas, los tallos de este producto son desechados por los agricultores dejándolo a la intemperie es por ello que se busca una manera para que este producto sea reutilizado para el beneficios a la población ver figura 9.



**Figura 9.** Tallos de habas

Fuente: Fotografía propia

**Categorización taxonómica de las habas.** Según los estudios botánicos han ejecutado la taxonomía de las plantas de habas, los que lo clasificaron como perteneciente al reino de plantae de origen fabales, Además de esto, sostienen la idea de que se refiere a una única variedad, considerando las particularidades de las habas, como el tono de la planta, el color de los tallos y las hojas. La clasificación taxonómica del haba se presenta en la tabla correspondiente ver tabla 6 (36).

**Tabla 6.** Taxonomía entre tallos para habas

<b>Taxonomía de los tallos de habas</b>	
<b>Reino</b>	Reino
<b>División</b>	División
<b>Clase</b>	Clase
<b>Sub Clase</b>	Sub Clase
<b>Orden</b>	Orden
<b>Famili</b>	Famili
<b>Sub Famili</b>	Sub Familia
<b>Tribu</b>	Tribu
<b>Genero</b>	Genero
<b>Especie</b>	Especie

Fuente: Cañas, 1998.

**Cultivo del haba.** La planta de habas se despliega bien en los diferentes tipos de suelo, pero este se produce mucho mejor en zonas especialmente templadas y frías con una temperatura de 15°C, así mismo para su cultivo es preferible que tengan un buen drenaje con bastante humedad, aunque soporta igualmente los suelos arcillosos y limosos. Los suelos muy ligeros en humedad o secos llegan a tener

dificultad en su desarrollo de crecimiento, también requiere de un pH neutro de agua entre 6 y 7.5, suficiente humedad y un 700 mm anual de lluvia.

**Cenizas de tallos de habas.** Los residuos de tallos de habas, en su mayoría son producto de alúmina y sílice mediante una acción pueden evolucionar en puzolanas o ceniza volante, con el proceso de la incineración, estas cenizas de habas tienen propiedades cementantes, una vez convertido en ceniza volante. Con el propósito de generar compuestos con propiedades cementantes, es necesario incorporar agua, lo que dará lugar a una reacción química mediante el hidróxido de calcio a temperaturas normales, resultando en la formación de una composición con propiedades cementantes.

**Clases de puzolana.** Se determina los siguientes tipos las que son puzolanas naturales y puzolanas artificiales.

**Puzolanas naturales.** Componentes de piedras piroclásticas: son obtenidas de piedras fervientes derivadas por las eflorescencias magmáticas que tienen variedad de formas de acuerdo a su enfriamiento y la contención de su crasitud, por ejemplo, Los materiales abundantes como la ceniza volcánica, la pómez y las tobas. Se trata de la generación de contenido de sílice en los pavimentos de manera natural por el proceso de descomposición del ópalo, como las arcillas calcinadas, o los microorganismos unicelulares de las algas, entre otros (37 pág. 21).

**Puzolanas artificiales.** Las cenizas volantes es el resultado del calcinado por sobre los 800 °C, por ejemplo, las calcinaciones de bloques de arcilla, calcinaciones de carbón, etc. Tiene una duración de dos horas. Las escorias calcinadas son en su mayoría subproductos de la aleación de materiales ferrosos en hornos de fusión. Se trata de componentes ferrosos que han sido calcinados en hornos y luego enfriados por su distribución distorsionada. Por otro lado, las cenizas de restos agrícolas incluyen la ceniza del bagazo, Los residuos de ceniza de las pajas cañas de azúcar y trigo, entre otros ejemplos (37 pág. 22).

**Ceniza de restos agrícolas:** Estas cenizas se generan a partir de desechos agrícolas como el bagazo, la cascarilla de arroz, la paja de trigo y la paja de la caña de azúcar, así como residuos de habas, entre otros. Durante el proceso de

incineración, se obtiene un residuo mineral con alto contenido de alúmina y sílice, cuya estructura experimenta temperaturas de combustión (37 pág. 22).

**Tipología de cenizas.** Las cenizas, según la norma ASTM C 618-03 se clasifican en tres tipos distintos. Estos son los siguientes: Tipo N, que engloba puzolanas naturales, ya sea calcinadas o no calcinadas, así como ciertos suelos como pizarras, horstemos opalinos, diatomeas, tobas, en sus formas calcinadas y no calcinadas. También comprende varios componentes que necesitan ser calcinados para adquirir valores satisfactorios, como algunas arcillas y pizarras. Por otro lado, está la ceniza Tipo F, que se genera comúnmente al calcinar la CV (Ceniza Volante) procedente de carbón antracítico o bituminoso. Las características de esta ceniza volante son de índole puzolánica. Por último, las cenizas de Tipo C son el resultado de la combustión de ceniza negra subbituminosa o lignito, y se produce regularmente la ceniza volante. Este tipo de ceniza también presenta características tanto puzolánicas como cementicias.

**Configuración química de la ceniza volante.** Pareciera que existen múltiples alternativas en la composición química de la puzolana. Sin embargo, un incremento en el contenido de sulfato en la ceniza de habas podría influir en la cantidad ideal de ceniza para lograr la máxima resistencia y el fraguado recomendado del cemento en la mezcla de portland, que es ampliamente aceptada. También se ha observado críticamente el aumento de los óxidos como agentes plastificantes, por lo que se sugiere clasificarlos de acuerdo a su contenido de óxido de calcio. En el proceso, se deben considerar las normas vigentes y actualmente aplicables. Existen discrepancias colosales de la constitución química de los materiales puzolanas, por lo tanto, en sulfato los restos puede ser perjudicial para una suma considerable de ceniza solicitada para el progreso de mayor resistencia y su respectivo mejoramiento adecuado del suelo. El porcentaje mín. de la adición óxido de aluminio, de dióxido de silicio y óxido de hierro debe tener un 70 %, el mayor porcentaje, como el porcentaje de agua es de 3% y el contenido mayor de depreciación por calcinación suele ser hasta un 12% (37 pág. 23).

Según la normativa ATM C-618-03, la caracterización química debe coincidir con los criterios establecidos en el cuadro que se presenta a continuación:

**Tabla 7. Requerimiento Químico de la Ceniza**

Clase			Propiedades químicas de ceniza
F	C	N	
6.00	6.00	10.00	Perdida por calcinación, max. %
3.00	3.00	3.00	Contenido de humedad, max. %
5.00	5.00	4.00	Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), max. %
70.00	50.00	70.00	Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) + óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), min %

Fuente: Normativa ASTM C618.03

**Estímulo de la CV (ceniza volante).** Esto incluye estudios térmicos que abarcan métodos que podrán examinar como varia la posesión del sistema de acuerdo a la temperatura, es analizada mediante variaciones controladas de la misma. Los resultados de temperatura calorífica sobre los materiales pueden ser diferentes y como resultado variaciones en sus características. Mediante el uso de la técnica termogravimétrica TG se muestran las variaciones en la masa de un espécimen en relación a la temperatura. En contraste, la DSC (Calorimetría Diferencial de Barrido) examina los procesos endotérmicos o exotérmicos, midiendo la cantidad de energía que se absorbe o libera durante su formación (38).

**Características de la ceniza volante.** Abarca características reactivas, por lo cual, puede realizar variedad de funciones, una de las propiedades más significativas es la puzolánica, para que llegue a esa función puzolánica reactiva es preferible una cantidad de tiempo más extensa. En la etapa plástica, las cenizas volantes adquieren una importancia particular al estimular la propagación de moléculas en el sistema. En el mortero, se observa una reducción significativa en los esparcimientos, ya que se mitiga la repulsión entre áridos y álcalis, lo que a su vez limita las pérdidas de estabilidad. En las etapas tempranas, la presencia de agua libre tiende a concentrarse principalmente en las cenizas volantes, resultando en un aumento de la porosidad de la muestra. La incorporación de cenizas volantes en la etapa plástica puede contribuir a reducir la porosidad del agua y el cemento, al mejorar la trabajabilidad. Sin embargo, durante el periodo de incubación de la reacción puzolánica, las cenizas actúan como un solvente inerte ver la figura 10 (39 pág. 33).



**Figura 10.** Ceniza volante

Fuente: Fotografía propia

### **III. METODOLOGÍA**

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

##### **Tipo de investigación**

El estudio presenta un tipo de investigación aplicado que se concentra en abordar los desafíos que emergen en la sociedad, además de contribuir a la generación de nuevos saberes con el propósito de aplicarlos y enriquecer tanto el desarrollo cultural como científico (40). Este análisis adoptará un enfoque aplicado, con el objetivo de encontrar una respuesta a la cuestión del deterioro temprano en la infraestructura vial. Se hará uso de la ceniza proveniente de residuos de habas, utilizando los datos previamente obtenida sobre las características físicas y características mecánicas.

##### **Enfoque de investigación**

Este enfoque implica la obtención y evaluación de los resultados para abordar interrogantes de investigación y validar hipótesis previamente establecidas. Se fundamenta en la cuantificación, el recuento y recurre con frecuencia al empleo de métodos estadísticos con el fin de identificar patrones de comportamiento precisos en una población (41). Este estudio se adhiere a una perspectiva cuantitativa, ya que implica el análisis y consideración de variables que se expresarán en términos numéricos. Su metodología seguirá un proceso secuencial y de verificación.

##### **El diseño de la investigación**

Se considera de carácter experimental, puesto que se operan intencionadamente las variables relacionadas con los motivos, con el fin de evaluar su impacto en otra variable de interés. Este diseño impone un conjunto de directrices que indican qué variables deben ser manipuladas, cómo hacerlo, cuántas repeticiones del experimento son necesarias y en qué secuencia, con el objetivo de establecer, con un nivel de confianza previamente definido, la existencia de una posible relación de causa y efecto (31). Este trabajo emplea un diseño experimental completamente puro, dado que se examinará cómo esta intervención de la VI afecta la VD, la cual se refiere a las características mecánicas y características físicas de la sub-rasante.

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

**Variable independiente:** cenizas de residuo de habas

**Conceptualización:** Se origina a partir de la incineración de dichos residuos de habas en estado seco o maduro, el cual posee unas propiedades finas de color plomo claro, este material se encuentra en zonas campestres donde son usados como combustión en los fogones a la hora de hacer sus alimentos.

**Variable Dependiente:** Estabilización de la Subrasante

**Conceptualización:** La estabilización del terreno se define como la transformación de las propiedades físicas del material a través de métodos mecánicos y el aumento de químicos de origen natural u origen sintético. Estos ajustes se aplican principalmente a los suelos de sub-rasante con capacidad de carga deficiente o muy limitada. En estas situaciones, se implementan técnicas de estabilización como el suelo cemento, suelo cal, suelo asfáltico y diversas alternativas.

Las acciones y criterios son discernibles en la matriz de instrumentación que se visualizan los anexos (ver Anexo 1).

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

#### **Población:**

Considerado como una agrupación de componentes, con propiedades compartidas, ya que los hallazgos de la investigación serán abarcadores, de manera que queden definidos por los límites establecidos por el problema y los objetos de estudio (42). En esta investigación, la población bajo análisis consiste en los suelos presentes de la sub-rasante de la vía Chaqui – Pilcuyo, región de Puno. La muestra, a su vez, constituye una unidad de estudio que reúne a un conjunto representativo con similitudes o igualdades de características dentro de dicha población.

#### **Muestra:**

La muestra, en su esencia, representa una porción de un conjunto. Se puede conceptualizar como una parte considerable de elementos que constituyen una fracción del grupo global previamente delimitado en términos de características, al cual nos referimos como la población (43 pág. 175). En el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo cuatro excavaciones a profundidades de aproximadamente 1.50 m en la sección de la carretera Chasqui – Pilcuyo, específicamente en el tramo que

se extiende desde el kilómetro 11 + 520 hasta el 21 + 820, como parte del procedimiento de obtención de la muestra.

#### **Muestreo:**

La acción de muestrear implica la selección de una porción de un conjunto más grande con el propósito de analizar una de sus propiedades (44 pág. 81). El tipo de muestreo que se emplea en el proyecto es no probabilístico por conveniencia.

#### **Unidad de análisis:**

Es referente al segmento de terreno en la carretera Chasqui – Pilcuyo que caracteriza el tipo de objetivo social asociado a sus propiedades. Este componente está situado en términos temporales y espaciales, estableciendo así la población de enfoque para la indagación.

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

La elección recayó en la estrategia de O.D. (Observación Directa) para garantizar la recopilación precisa de información, dado que el diseño es experimental y tiene el propósito de medir, examinar y de esa forma adquirir comprensión acerca de las causas y sus efectos.

**Observación directa.** Esta implica que el mismo investigador recopila datos del entorno, sin adentrarse en los temas específicos, haciendo uso directo de su capacidad de observación sensorial (45 pág. 72).

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

Los datos serán recopilados utilizando la guía de observación en el terreno, la cual será completada empleando el enfoque del método directo de estudio observacional. Posteriormente, para llevar a cabo los análisis pertinentes, se hará uso de las guías de laboratorio, las cuales incluyen formularios para el registro de información (46)

### **3.5. Procedimientos:**

#### **Recolección de muestras**

En primer lugar, se lleva a cabo la inspección de campo. Para el terreno de cimentación, se efectúan excavaciones in situ denominadas calicatas en distintos puntos. Estas calicatas permitirán examinar la estratigrafía de los suelos, identificando sus componentes como gravas, limos o arcillas. Se procede al análisis meticuloso de los puntos críticos, donde se recopilan muestras que posteriormente

son trasladadas al laboratorio. En el laboratorio, las muestras son sometidas a diversos ensayos, tales como la determinación del contenido de humedad, el análisis granulométrico mediante tamices y la evaluación de los límites de Atterberg. Además, se lleva a cabo la clasificación de los suelos según las metodologías AASTHO y SUCS. A continuación, se realiza el ensayo de Proctor modificado para establecer tanto la MDS como el OCH para cada muestra. Simultáneamente, se ejecuta la prueba para determinar el CBR y evaluar la capacidad de resistencia en su estado natural. En una etapa posterior, se busca mejorar las características del suelo mediante la introducción de cenizas derivadas de habas, las cuales se añaden de manera independiente a cada muestra. Durante esta fase, se efectúan pruebas para determinar los límites de Atterberg, permitiendo así evaluar el impacto de las fibras naturales en la plasticidad del suelo. Posteriormente, se realiza el ensayo de Proctor modificado variando las proporciones de cenizas de residuos de habas (0, 2, 5 y 8%) con el propósito de definir la MDS y el OCH correspondientes. Además, se calcula el CBR de las muestras con cada nivel de adición de cenizas de residuos de habas, individualmente (0, 2, 5 y 8%). Este análisis persigue la evaluación de la resistencia del suelo mediante la introducción de diferentes proporciones de cenizas de habas, con el fin de determinar si efectivamente se logra mejorar las características del suelo. En el terreno, se lleva a cabo una inspección en el tramo km 15+100 – km 18+190 de la carretera Chasqui – Pilcuyo. Posteriormente, se realizan cuatro excavaciones conocidas como calicatas, siguiendo la recomendación del Manual de Carreteras, ejecutando una calicata por cada kilómetro. Luego, se examinó detalladamente la composición estratigráfica de los suelos, que variaban desde gravas hasta limos y arcillas.

Se elaboraron los registros pertinentes para todas las excavaciones realizadas en las calicatas. Se focalizaron en los puntos más críticos o desafiantes, procediendo a recolectar muestras que fueron posteriormente transportadas al laboratorio, donde se llevaron a cabo una variedad de ensayos ver figura 11 y 12.



**Figura 11.** Representación de la Calicata C-01

Fuente: Fotografía Propia, 2023



**Figura 12.** Representación de la Calicata C-02

Fuente: Fotografía Propia, 2023

Luego, se realizó la obtención de los restos de habas en los alrededores cercanos. Con este propósito, se visitaron las localidades de Chasqui y Pilcuyo (Puno) para

recolectar la paja sobrante de las habas, estas constituyen las fibras y se denominan como desechos orgánicos ver figura 13.



**Figura 13.** Selección, residuo de habas.

Fuente: Fotografía Propia, 2023

### **3.6. Métodos de análisis de datos:**

Para llevar a cabo indagaciones académicas se necesitan procesos de obtención de información que sean claros, eficaces y comprensibles, con el objetivo de interpretar la realidad bajo estudio y lograr obtener resultados apropiados y adecuados (45).

Dentro de este proyecto en curso se llevarán a cabo pruebas como la medición del contenido de agua, la granulometría de los suelos mediante cribado y el cálculo de los límites de consistencia. También se incluirá realizar el ensayo de Proctor modificado utilizando una energía adaptada, seguido por el ensayo de Proctor estándar. De esta manera, se procederá a la ejecución de los métodos de prueba establecidos en el manual de ensayo correspondiente al año 2016, el cual ha sido determinado por MTC.

#### **Validez**

Se busca asegurar que los resultados provengan únicamente de la VI (variable independiente) o del proceso en consideración, sin ser afectado por otros factores

o variables presentes, los cuales deben ser susceptibles de control (46). La valoración de 3 expertos con una amplia experiencia respaldará la confiabilidad de la presente investigación.

### **Confiabilidad de los instrumentos.**

La autenticidad de un dispositivo se relaciona con el nivel de su calibración, y se observa cuando su aplicación en múltiples ocasiones al mismo individuo u objeto genera resultados consistentes (47 pág. 200).

### **3.7. Aspectos Éticos:**

Este estudio se ha llevado a cabo con un enfoque altamente responsable, transparente y comprometido. La ejecución de este proyecto se fundamentó en las pautas descritas en el "Manual de Ensayos de Materiales" y en el "Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones", con la finalidad de asegurar resultados precisos en todas las fases de los diversos ensayos realizados. Además, se ha manifestado un profundo respeto y aprecio por los antecedentes, citándolos adecuadamente, ya que han constituido una fuente esencial de información.

La idoneidad de los datos adquiridos y la comprobación de la validez de las pruebas fueron corroboradas por un ingeniero consultor. Profesionales de la ingeniería supervisarán el tratamiento de datos con el propósito de asegurar la coherencia de la información y la fiabilidad de los resultados. Con el fin de asegurar la integridad del trabajo de investigación, se verificará el porcentaje de similitud mediante Turnitin.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio:

Optimización de las características del terreno mediante la introducción de ceniza proveniente de residuos de habas en la vía Chasqui - Pilcuyo, Región de Puno, 2023"

### 4.2. Ubicación política

Este trabajo de indagación se efectuó en la provincia de Collao, específicamente en los núcleos poblacionales de Chasqui y Pilcuyo, en el departamento de Puno. La altitud de la zona es de 3853.643 m.s.n.m. y se encuentra alineada entre los puntos kilométricos 15+100 y 18+190 de la carretera. El propósito principal de este estudio es verificar cómo la inclusión de diferentes proporciones de cenizas derivadas de residuos de habas, en niveles del 2%, 5% y 8%, afecta al equilibrio del suelo en la capa de subrasante de la carretera que conecta Chasqui y Pilcuyo ver figura 14.



**Figura 14.** Representación gráfica de la ubicación política

Fuente: Propia, 2023

### 4.3. Ubicación Geográfica

La zona de estudio está situada dentro del departamento de Puno, precisamente en la provincia de El Collao - Ilave. Esta localización limita con los distritos que se detallan a continuación, como se ilustra en las figuras 15.



**Figura 15.** Representación gráfica de la ubicación geográfica.

Fuente: Propia, 2023

- Norte: Puno
- Sur: Tacna
- Este: Chucuito
- Oeste: Moquegua

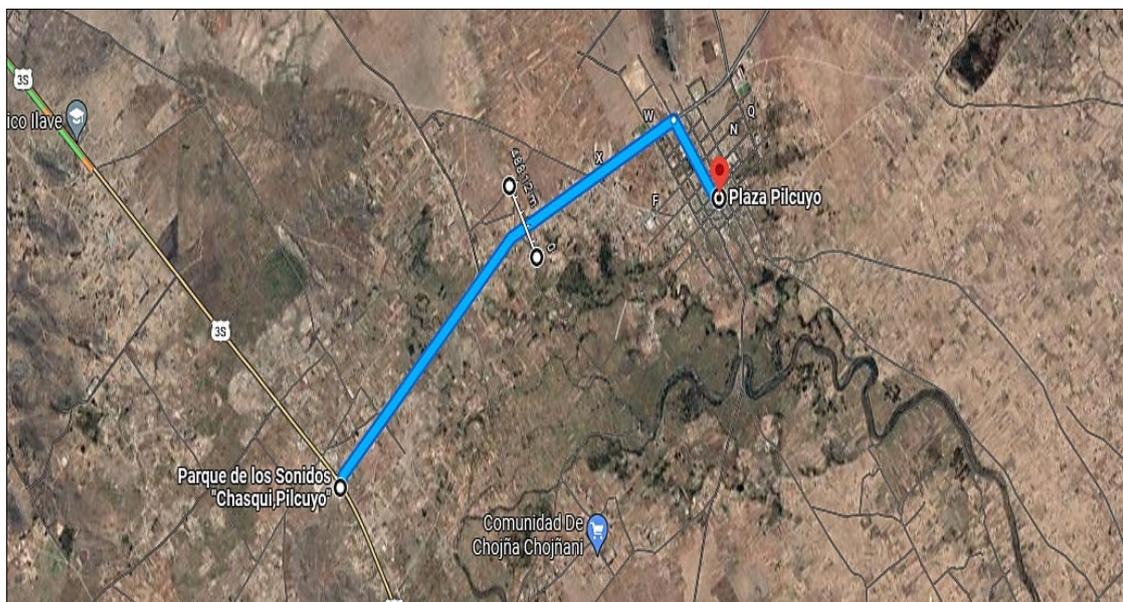
**Tabla 8. Zona de Impacto**

Área de influencia	
Región	Puno
Departamento	Puno
Provincia	El Collao
Distrito	Ilave
Altitud	3855.648 msnm - 3930.532 msnm
Región geográfica	Sierra
Carretera	Chasqui - Pilcuyo
Tramo	Km. 15+100 - Km 18+190

Fuente: Propia, 2023

### Vía de acceso

Para llegar a la ubicación del área de estudio, se debe partir de la ciudad de Ilave y dirigirse hacia el sur. Posteriormente, se llega al centro poblado de Chasqui, ubicado en el kilómetro 0+00. Desde allí, se puede tomar un vehículo que llevará al tramo de estudio, abarcando desde el km 15+100 hasta el km 18+190. A lo largo de este tramo, la vía presenta características consistentes: un nivel bajo de tráfico y un crecimiento poblacional moderado ver figura 16.



**Figura 16.** Visualización del tramo de la carretera

Fuente: Elaboración propia.

## Clima

La zona de enfoque de este estudio abarca altitudes que varían entre 3844.630 msnm en su punto más bajo y 4000.032 msnm en su máxima elevación. Adicionalmente, esta área se caracteriza por niveles de humedad relativamente bajos. Las temperaturas registradas abarcan un rango desde 16.5°C hasta 22.3°C para las temperaturas máximas, mientras que las temperaturas mínimas oscilan entre -15°C y 3.1°C. La temperatura media en esta localidad se ubica en un intervalo que va desde los 0.2 hasta los 11.6 °C.

## Resultados del análisis químico de la ceniza de residuos de habas

Los resultados del análisis químico de la ceniza de residuos de habas fueron obtenidos mediante la aplicación del método de la mufla, que implica la calcinación a una temperatura de 800°C. Esta evaluación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-PUNO. La calcinación de los residuos de habas se ejecutó en un horno de mufla hermético durante un período de 2 horas, seguido de un proceso de enfriamiento y pesaje. La diferencia de peso resultante permitió determinar el porcentaje de ceniza.

Se logró obtener un total de 15 kg de ceniza de residuos de habas, reservando esta cantidad tanto para futuros ensayos físico-mecánicos en el suelo como para una pequeña fracción destinada a los análisis químicos de la ceniza, cuyos resultados se detallan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Compuesto químico del residuo de habas en cenizas.

Composición química	Resultados
Perdida de calcinación	86.71%
Óxido de hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.53%
Dióxido de silicio SiO <sub>2</sub>	72.53%
Trióxido de aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.23%
Oxido de calcio CaO	3.06%
Oxido de magnesio MgO	0.32%
Contenido de humedad	0.22%
Peso específico	425.33 kg/cm <sup>3</sup>
Materia orgánica	86.71%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la normativa ASTM C 618 recomienda:

El total de las adiciones de: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, debe alcanzar al menos un total del 70%. Al examinar la tabla previa, podemos confirmar que la suma de estos

elementos se presenta de la siguiente manera:  $72.53\% + 2.23\% + 2.53\% = 77.29\%$  (CUMPLE).

De la misma manera, la cantidad de agua debe estar limitado a mayor del 3%. Al analizar la ceniza proveniente de los restos de habas, se visualiza que la cantidad de agua es de 0.22% (CUMPLE).

Dada la limitación de laboratorios especializados y la escasa frecuencia en la aplicación de cenizas en nuestra nación, se procedió a examinar únicamente ciertos parámetros dentro del análisis físico de la ceniza derivada de los residuos de habas. La evaluación de estos parámetros se llevó a cabo en el laboratorio químico de la UNA (Universidad Nacional del Altiplano), localizada en la ciudad de Puno.

Análisis: Los datos emanados del examen de la ceniza derivada de los residuos de habas en el laboratorio cumplen con los criterios constituidos por la normativa ASTM-C-618-3. Estos resultados indican que la ceniza posee cualidades puzolánicas de clase N con propiedades estabilizadoras. Esta variante de ceniza resulta altamente aconsejable para la optimización de la capa subyacente en terrenos caracterizados por un índice CBR moderado o reducido, especialmente en el contexto del diseño de pavimentos ver figura 17.



**Figura 17.** Calcinación a 800°C

Fuente: Elaboración propia.

### **Análisis granulométrico mediante el procedimiento de tamizado**

Los análisis granulométricos se ejecutaron exclusivamente en las muestras estándar obtenidas de las calicatas excavadas. Estos análisis se llevaron a cabo conforme al procedimiento descrito en la NTP 339.128, que implica la utilización de

una serie de tamices para separar o clasificar las partículas desde las de mayor tamaño hasta las de dimensiones más pequeñas ver figura 18.



**Figura 18.** Proceso de tamizado de los materiales.

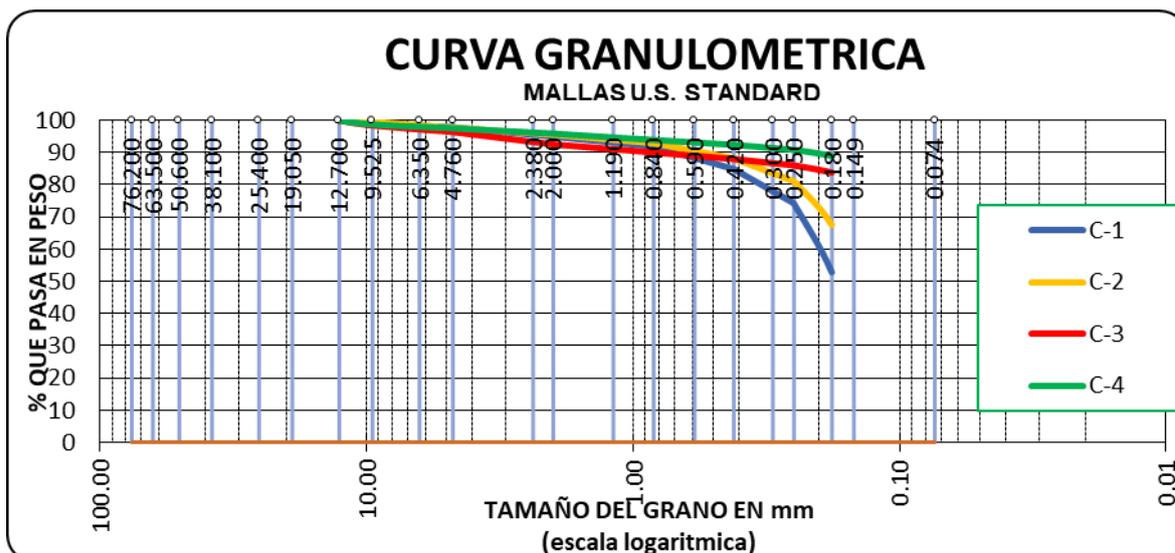
Fuente: Elaboración propia.

## Calicatas

**Tabla 9.** Granulometría de calicatas

TAMICES	ABERTURA	% QUE PASA	% QUE PASA	% QUE PASA	% QUE PASA
ASTM	mm	C-1	C-2	C-3	C-4
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700	100.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.525	98.97	99.55	98.44	98.71
1/4"	6.350				
No4	4.760	97.89	97.75	96.41	97.51
No8	2.380				
No10	2.000	94.94	95.57	92.53	95.84
No16	1.190				
No20	0.840	91.88	92.95	90.04	93.85
No30	0.590				
No40	0.420	84.89	88.24	87.98	92.35
No 50	0.300				
No60	0.250	74.25	81.20	86.04	90.79
No80	0.180	52.79	67.65	83.77	88.84
No100	0.149	28.62	48.43	80.88	86.09
No200	0.074				
BASE					
TOTAL					
% PERDIDA					

Fuente: Elaboración propia



**Figura 19.** Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** En la tabla 9 y la figura 19 podemos verificar las distribuciones del material por los tamices, de cada una de las cuatro calicatas ensayadas.

**Tabla 10.** Características del suelo

Características del suelo				
Descripción	C-1	C-2	C-3	C-4
% de grava	2.11	2.25	3.59	2.49
% de arena	69.27	49.32	15.53	11.42
% de finos	28.62	48.43	80.88	86.09
Clasificación SUCS	SC	SC	CL	CL
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	A-4(2)	A-6(8)	A-6(12)
Descripción	Arena arcillosa	Arena arcillosa	Arcilla de baja plasticidad con arena	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Según la tabla 10, se pueden constatar las distribuciones del material a través del análisis granulométrico. En el caso de las dos primeras calicatas, se aprecia una mayor proporción de arena, mientras que, en las calicatas tercera y cuarta evaluadas, el material fino de capacidad portante muy baja y de baja plasticidad.

**Objetivo específico 1:** Reducir el IP de los suelos de sub-rasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui - Pilcuyo, Puno, 2023.

## Límites de Atterberg

Las pruebas se realizaron siguiendo las especificaciones de la NTP 339-129. Cada muestra de suelo, extraída de las calicatas, fue sometida a análisis tanto en su estado natural como en combinación con la incorporación de residuos de habas (en cenizas). Los estados fundamentales de la consistencia del suelo se clasifican en: semisólido, elástico, líquido y sólido, los cuales varían en función del aumento en el contenido de humedad. Estas condiciones pueden experimentar modificaciones dependiendo de la cantidad de humedad presente en el suelo, volviéndose más plásticas a medida que se incrementa el contenido de agua. Estos estados son típicos de suelos orgánicos u cohesivos.



**Figura 20.** Ensayo de limite liquido

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 21.** Ensayo de limite plástico

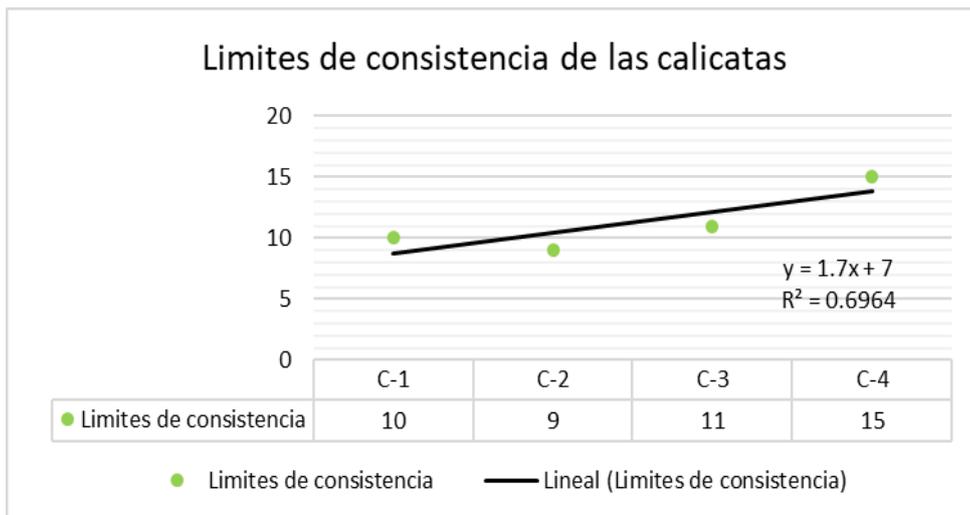
Fuente: Elaboración propia

**IP (Índice de Plasticidad) de las calicatas**

**Tabla 11.** Resultados del IP de las calicatas.

MUESTRAS	LL	LP	IP
C-1	30.00	20.00	10
C-2	31.00	22.00	9
C-3	32.00	21.00	11
C-4	32.00	17.00	15

Fuente: Elaboración propia



**Figura 22.** Gráfico del IP de las calicatas.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** En la figura 22 y la tabla 11 se presentan los resultados derivados de la observación en la calicata C-01, donde se evidencia un índice de límites (LL) del 30%, un índice de plasticidad (LP) del 20%, y un índice de plasticidad (IP) del 10%, lo cual señala que el suelo exhibe propiedades plásticas. En contraste, la calicata C-02 exhibe un LL del 31%, un LP del 22%, y un IP del 9%, siendo clasificada como suelo con plasticidad moderada. En relación a la calicata C-03, se registran valores de LL del 32%, LP del 21%, e IP del 11%, categorizándola igualmente como suelo con plasticidad moderada. Por último, la calicata C-04 presenta un LL del 32%, un LP del 17%, y un IP del 15%, confirmando su condición de suelo con plasticidad moderada. Los resultados del índice de plasticidad natural son coherentes en las muestras individuales C-01, C-02, C-03 y C-04.

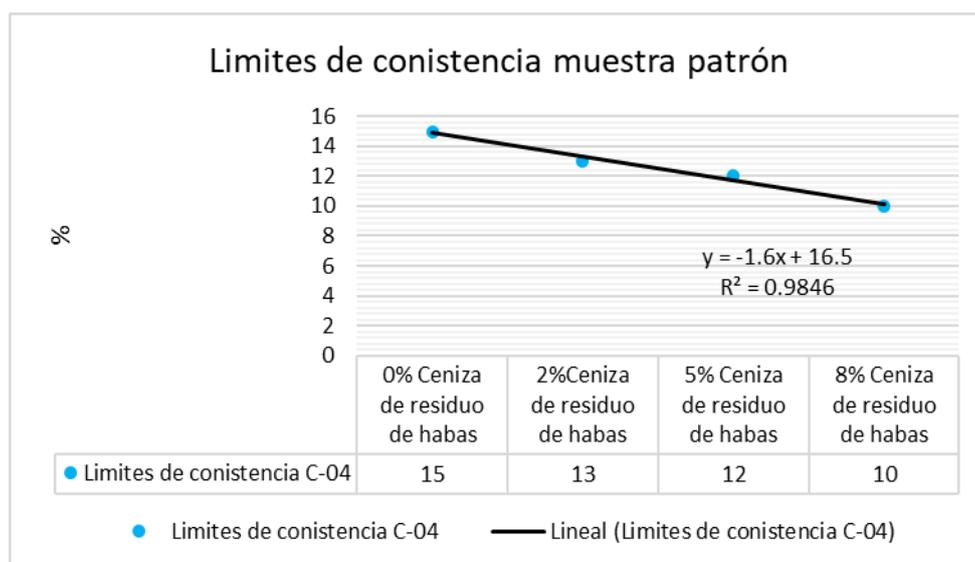
**IP (Índice de Plasticidad) de cenizas de la muestra patrón**

**Tabla 12.** Resultados del IP con aumento de cenizas de habas (muestra patrón).

MUESTRAS	LL (%)	LP (%)	IP (C-04) (%)
0% CRH	32.00	17.00	15
2%CRH	30.00	17.00	13
5% CRH	28.00	16.00	12
8% CRH	26.00	16.00	10

Fuente: Elaboración propia

**IP (Índice de Plasticidad) incorporando cenizas de Habas muestra patrón**



**Figura 23.** Gráfico del IP con incorporación de cenizas de Habas muestra patrón.

Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación:** De la figura 23 y la tabla 12, se analizan los valores correspondientes a la calicata C-04 utilizada como muestra base, a la cual se le aplicaron diversas proporciones de aditivo. Con una adición del 0%, se reflejaron valores de LL del 32%, LP del 17% e IP del 15%, denotando la naturaleza plástica del suelo. En el caso de una adición del 2%, se obtuvieron cifras de LL del 30%, LP del 17% e IP del 13%, conservando el clasificado del suelo con índice de plasticidad. Al incrementar la adición al 5%, los valores reflejaron un LL del 28%, LP del 16% e IP del 12%, persistiendo la indicación de un suelo con índice de plasticidad, aunque en una categoría inferior. Finalmente, con una adición del 8%, se manifestaron índices de LL del 26%, LP del 16% e IP del 10%, confirmando nuevamente la clasificación de suelo con IP reducido. Las diversas proporciones de ceniza derivada de los residuos de habas disminuyen la humedad y genera un impacto de manera significativa en la disminución de la plasticidad del suelo.

### **Clasificación de suelos**

#### **Clasificación SUCS**

Casagrande propuso el sistema para clasificar mediante SUCS, que divide los suelos en dos categorías principales. En el primer grupo se encuentran los suelos granulares, que se definen cuando más del 50% de suelo es retenido en el tamiz #200. El segundo grupo comprende los suelos finos, que son aquellos en los cuales más del de la mitad (50%) de suelos atraviesan mediante el tamiz de malla #200.

#### **Clasificación AASTHO**

La clasificación AASTHO se segmenta en suelos con dos divisiones primordiales: la primera engloba los suelos granulares, agrupados en categorías A-1, A-2 y A-3, adecuados para su implementación en la subrasante. La segunda división comprende los suelos finos, los cuales a su vez se subdividen en categorías específicas basadas en su L.L., I.P. y distribución granulométrica, denominadas a-4, a-5, a-6 y a-7 clasificación suelos

**Tabla 13. Clasificación de suelos según AASTHO.**

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO				
Descripción	C-1	C-2	C-3	C-4
Profundidad	1.53 m	1.58 m	1.64 m	1.68 m
% de grava	2.11	2.25	3.59	2.49
% de arena	69.27	49.32	15.53	11.42
% de finos	28.62	48.43	80.88	86.09
Clasificación SUCS	SC	SC	CL	CL
Descripción	Arena arcillosa	Arena arcillosa	Arcilla de baja plasticidad con arena	Arcilla de baja plasticidad
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	A-4(2)	A-6(8)	A-6(12)
Descripción	Bueno	Reg. - malo	Malo	Malo

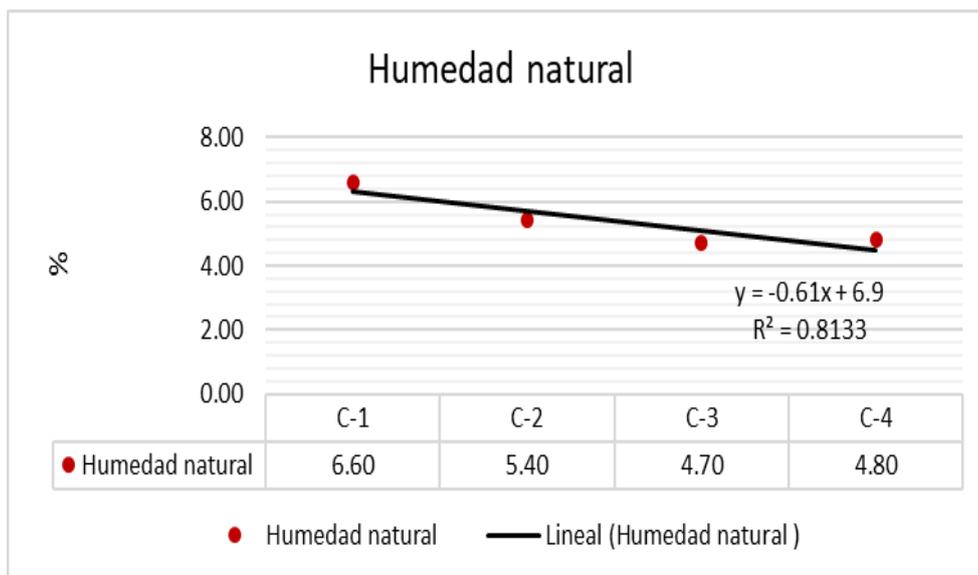
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 13, se proporciona la clasificación de los suelos de acuerdo con los sistemas SUCS y AASHTO para las calicatas C-01, C-02, C-03 y C-04. La calicata C-01 se clasifica como SC, A-2-4(0); respecto a la calicata C-02, la clasificación es SC, A-4(2); para la calicata C-03, se observa una clasificación de CL, A-6(8); y, por último, la calicata C-04 se identifica como CL, A-6(12). Con base en los resultados del análisis de clasificación de suelos, se destaca que la muestra más desfavorable es la calicata C-04 (muestra patrón) debido a sus características específicas.

**Tabla 14. Porcentaje de humedad de las calicatas.**

MUESTRAS	% de humedad
C-1	6.60
C-2	5.40
C-3	4.70
C-4	4.80

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 24.** Gráfico del OCH (óptimo contenido de humedad)

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** La figura 24 y la tabla 14 exhiben los resultados de la humedad óptima de los suelos evaluados en las calicatas, C-1, C-2, C-3, C-4, que indican valores de 6.6%, 5.4%, 4.7% y 4.8%, respectivamente.

**Objetivo específico 2:** Mejorar la MDS en la subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.

### Proctor Modificado

La importancia del ensayo de Proctor modificado radica en proporcionar información esencial, como la humedad óptima y la densidad del suelo. Este ensayo se llevó a cabo con la guía de la norma NTP 339.141 y se aplicó a las muestras patrón, que presentan características menos favorables. Asimismo, se ejecutó este ensayo al incorporar diferentes porcentajes de ceniza de residuo de habas a la muestra patrón, con dosificaciones del 2%, 5% y 8%.



**Figura 25.** Incorporación de la ceniza

Fuente: Elaboración propia



**Figura 26.** Compactación

Fuente: Elaboración propia



**Figura 27.** Enrasado de proctor

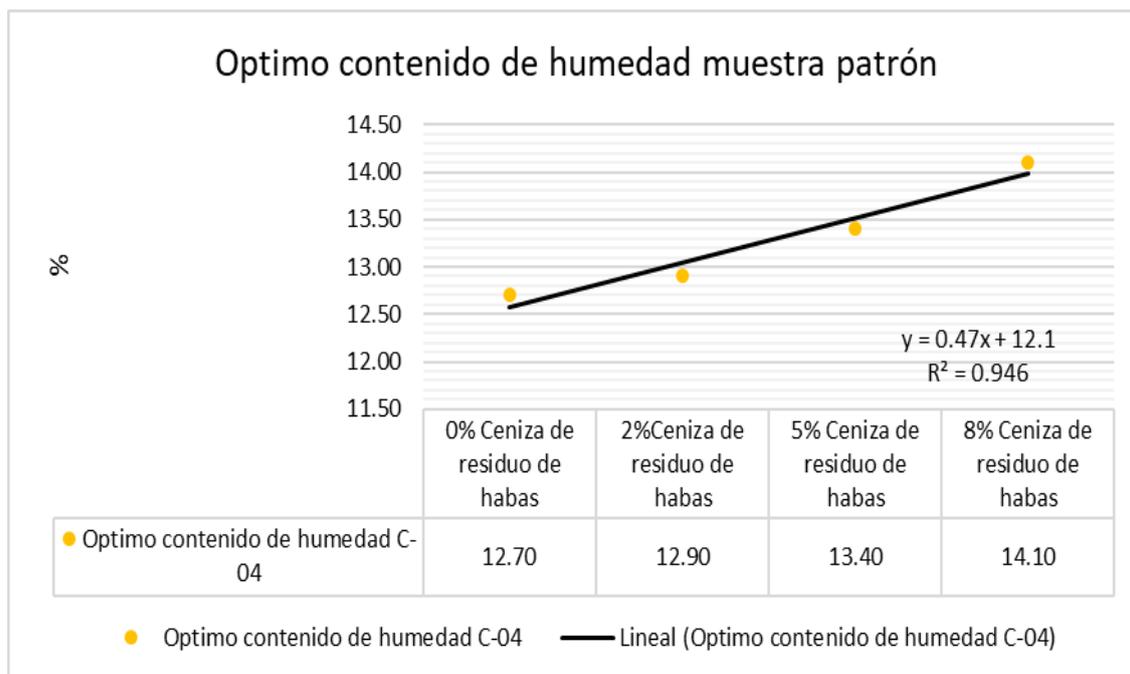
Fuente: elaboración propia

## OCH (Óptimo Contenido de Humedad)

**Tabla 15.** Dosificaciones del OCH.

MUESTRAS	OCH (%)
0% Ceniza de residuo de habas	12.70
2% Ceniza de residuo de habas	12.90
5% Ceniza de residuo de habas	13.40
8% Ceniza de residuo de habas	14.10

Fuente: elaboración propia



**Figura 28.** Humedad óptima de la muestra patrón

Fuente: elaboración propia

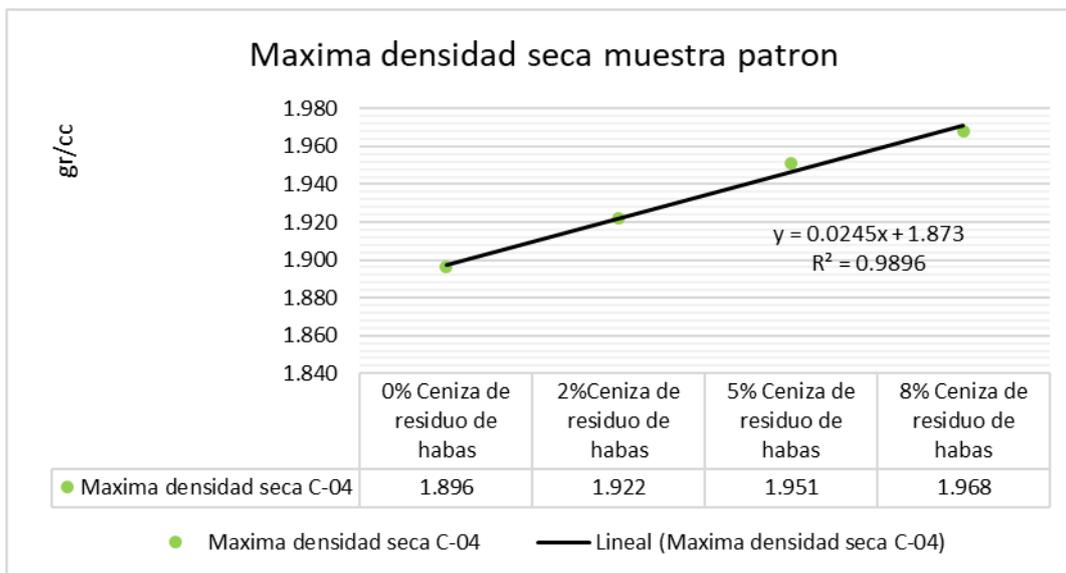
**Interpretación:** Los datos referentes humedad óptima (OCH) tanto para la muestra de referencia como para aquella con el aumento de cenizas de residuo de habas se detallan en la tabla 15 y se visualizan gráficamente en la figura 28. Estos valores son los siguientes en orden sucesivo: para la muestra estándar, registra un 12.7%, mientras que al incorporar cenizas de residuo de habas en proporciones del 2%, 5%, y 8%, los resultados corresponden a 12.9%, 13.4%, y 14.1%, respectivamente.

### Densidad Máxima seca

**Tabla 16.** Dosificación de MDS

MUESTRAS	MDS (gr/cc)
0% Ceniza de residuo de habas	1.896
2% Ceniza de residuo de habas	1.922
5% Ceniza de residuo de habas	1.951
8% Ceniza de residuo de habas	1.968

Fuente: Elaboración propia



**Figura 29.** MDS con aditamento de residuo de Habas muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Los resultados concernientes a la MDS (Máxima Densidad Seca) tanto para los especímenes de referencia como para la variante con la inclusión de cenizas de residuo de habas se encuentran detallados en la tabla 16 y representados en la figura 29. Estos valores son presentados de manera secuencial de la siguiente forma: la muestra de referencia muestra patrón exhibe una MDS de 1.896 gr/cm<sup>3</sup>; en el caso de aditamento de cenizas de residuo de habas en proporciones de 2, 5 y 8%, los resultados correspondientes son de 1.922, 1.951 y 1.968 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

**Objetivo específico 3:** Elevar el CBR de los suelos de subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023

### **CBR (California Bearing Ratio)**

La prueba de CBR es de gran importancia ya que con la prueba se determina la resistencia de soporte del suelo siguiendo lo establecido en la NTP 339.145.



**Figura 30.** Ensayo de la capacidad de soporte.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17.** CBR con adición de residuos de habas

MUESTRAS	CBR (95%)	CBR (100%)
0% Ceniza de residuo de habas	2.30	5.30
2% Ceniza de residuo de habas	9.00	25.00
5% Ceniza de residuo de habas	20.00	47.00
8% Ceniza de residuo de habas	25.00	37.00

Fuente: Elaboración propia

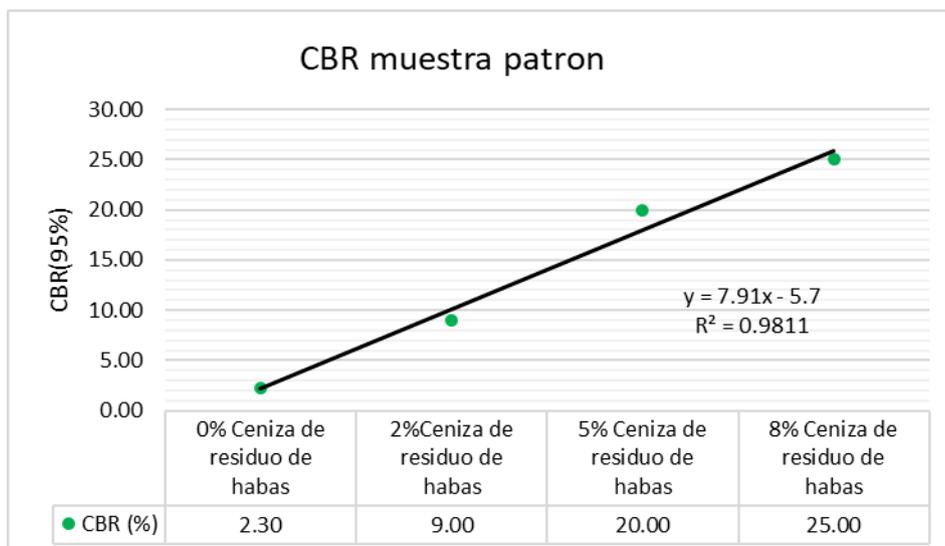


Figura 31. CBR con adición de residuos de habas

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 17 y la figura 31 se exponen los datos del CBR para el espécimen inicial en conjunto con la introducción de los residuos de cenizas de residuo de habas, presentándose en secuencia de la siguiente manera: la muestra patrón de referencia registra un valor del 2.30%; al incorporar cenizas de residuo de habas en porcentajes del 2, 5 y 8%, los resultados incrementan su valor a 9.0, 20.0 y 25.0% respectivamente. Así mediante el aditamento de CH (ceniza de habas) se mejora favorablemente las características en los suelos.

## Contrastación de hipótesis

### O.E.1: Influencia en los Niveles de plasticidad

OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Índice de plasticidad
<b>A. PRUEBA DE NORMALIDAD</b>
PASO 1: PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA Ho: Los valores del IP si presentan una normalidad. H1: Los valores del IP no presentan una normalidad.
PASO 2: NIVEL DE SIGNIFICANCIA $\alpha = 5\%$ (0.05)
PASO 3: ANALISIS ESTADISTICO

Para muestras > a 50 datos usamos Kolmogorov-Smirnova (n>50, K-S)

Para muestras < o = a 50 datos usamos Shapiro-Wilk (n≤50, K-S)

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
% de cenizas de residuos de habas		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Indice de plasticidad	0%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	2%	,253	3	.	,964	3	,637
	5%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	8%	,253	3	.	,964	3	,637

\* Para este objetivo se tienen 5 resultados, entonces se utilizará Shapiro-Wilk

#### PASO 4: REGLA DE DECISIÓN

Si p-valor ≤ 0.05: se desestima la hipótesis nula.

Si p-valor > 0.05: Confirmamos la hipótesis nula.

p-valor= 0.866

Comparación: 1.000 > 0.05

Entonces la hipótesis nula es aceptable.

#### PASO 5: CONCLUSIÓN

La normalidad de los datos de la variable índice de plasticidad se ha verificado, y la prueba de significancia, con un nivel de confianza del 5%, indica que el p-valor es mayor que 0.05.

### B. Análisis de varianza ANOVA de un factor

#### PASO 1: PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Ho: Hipótesis nula: Las medias de los grupos son idénticos, por ende no hay influencia en el IP.

H1: Hipótesis alterna: Las medias de los grupos son distintas, por ende hay influencia en el índice de plasticidad.

#### PASO 2: NIVEL DE SIGNIFICANCIA

α= 5% (0.05)

#### PASO 3: PRUEBA ANOVA PARA EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

ANOVA					
Indice de plasticidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32,333	3	10,778	6,467	,016
Dentro de grupos	13,333	8	1,667		
Total	45,667	11			

**PASO 4: PRUEBA DE TUKEY PARA EL INDICE DE PLASTICIDAD - SPSS.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Indice de plasticidad						
HSD Tukey						
(I) % de cenizas de residuos de habas	(J) % de cenizas de residuos de habas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0%	2%	1,3333	1,05409	,607	-2,0422	4,7089
	5%	3,0000	1,05409	,083	-,3756	6,3756
	8%	4,3333 <sup>†</sup>	1,05409	,014	,9578	7,7089
2%	0%	-1,3333	1,05409	,607	-4,7089	2,0422
	5%	1,6667	1,05409	,439	-1,7089	5,0422
	8%	3,0000	1,05409	,083	-,3756	6,3756
5%	0%	-3,0000	1,05409	,083	-6,3756	,3756
	2%	-1,6667	1,05409	,439	-5,0422	1,7089
	8%	1,3333	1,05409	,607	-2,0422	4,7089
8%	0%	-4,3333 <sup>†</sup>	1,05409	,014	-7,7089	-,9578
	2%	-3,0000	1,05409	,083	-6,3756	,3756
	5%	-1,3333	1,05409	,607	-4,7089	2,0422

**PASO 4: REGLA DE DECISIÓN**

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ : Confirmamos la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ : Negamos la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

$p\text{-valor} > 0.05$

Entonces la hipótesis alterna es aceptable.

**PASO 5: CONCLUSIÓN**

Con base en el análisis estadístico, se puede concluir que hay una influencia positiva en el IP, ya que el valor de significancia es inferior a 0.05.

**Contrastación de hipótesis**

**O.E.2: Influencia en la MDS**

**OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Máxima densidad seca**

## A. PRUEBA DE NORMALIDAD

### PASO 1: PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA

Ho: Los valores de la MDS **si** presentan una normalidad.

H1: Los valores de la MDS **no** presentan una normalidad.

### PASO 2: NIVEL DE SIGNIFICANCIA

$\alpha = 5\%$  (0.05)

### PASO 3: PRUEBA ESTADÍSTICA

Para muestras  $>$  a 50 datos usamos Kolmogorov-Smirnova ( $n > 50$ , K-S)

Para muestras  $<$  o  $=$  a 50 datos usamos Shapiro-Wilk ( $n \leq 50$ , K-S)

Pruebas de normalidad

	% de cenizas de residuos de habas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Indice de plasticidad	0%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	2%	,253	3	.	,964	3	,637
	5%	,175	3	.	1,000	3	1,000
	8%	,253	3	.	,964	3	,637

\* Para este objetivo se tienen 5 resultados, entonces se utilizará Shapiro-Wilk

### PASO 4: REGLA DE DECISIÓN

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ : se desestima la hipótesis nula.

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ : Confirmamos la hipótesis nula.

$p\text{-valor} = 0.866$

Comparación:  $1.000 > 0.05$

Entonces la hipótesis nula es aceptable.

### PASO 5: CONCLUSIÓN

Según el análisis estadístico, se puede afirmar que los resultados de la variable de MDS presentan normalidad, ya que la significancia es del 5%, con un  $p\text{-valor}$  superior a 0.05.

## B. Análisis de varianza ANOVA de un factor

### PASO 1: PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Ho: Hipótesis nula: Los promedios de los grupos son idénticos, por ende no hay influencia en la MDS.

H1: Hipótesis alterna: Los promedios de los grupos son distintas, por ende hay influencia en la máxima densidad seca.

**PASO 2: NIVEL DE SIGNIFICANCIA** $\alpha = 5\% (0.05)$ **PASO 3: PRUEBA ANOVA PARA LA MDS**

ANOVA					
Indice de plasticidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32,333	3	10,778	6,467	,016
Dentro de grupos	13,333	8	1,667		
Total	45,667	11			

**PASO 4: PRUEBA DE TUKEY PARA LA MDS - SPSS.**

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Indice de plasticidad						
HSD Tukey						
(I) % de cenizas de residuos de habas	(J) % de cenizas de residuos de habas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0%	2%	1,3333	1,05409	,607	-2,0422	4,7089
	5%	3,0000	1,05409	,083	-,3756	6,3756
	8%	4,3333 <sup>†</sup>	1,05409	,014	,9578	7,7089
2%	0%	-1,3333	1,05409	,607	-4,7089	2,0422
	5%	1,6667	1,05409	,439	-1,7089	5,0422
	8%	3,0000	1,05409	,083	-,3756	6,3756
5%	0%	-3,0000	1,05409	,083	-6,3756	,3756
	2%	-1,6667	1,05409	,439	-5,0422	1,7089
	8%	1,3333	1,05409	,607	-2,0422	4,7089
8%	0%	-4,3333 <sup>†</sup>	1,05409	,014	-7,7089	-,9578
	2%	-3,0000	1,05409	,083	-6,3756	,3756
	5%	-1,3333	1,05409	,607	-4,7089	2,0422

**PASO 4: REGLA DE DECISIÓN**Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ : Confirmamos la hipótesis alterna ( $H_a$ ).Si  $p\text{-valor} > 0.05$ : Negamos la hipótesis alterna ( $H_a$ ). $p\text{-valor} > 0.05$ 

Entonces la hipótesis alterna es aceptable.

**PASO 5: CONCLUSIÓN**

Desde una perspectiva estadística, se puede concluir que existe una influencia positiva significativa en la MDS, dado que el valor de significancia es menor a 0.05.

Fuente. Elaboración propia.

### O.E.3: Influencia en el CBR

OBJETIVO ESPECÍFICO 3: CBR							
<b>A. PRUEBA DE NORMALIDAD</b>							
<b>PASO 1: PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA</b>							
Ho: Hipótesis nula: Los datos del CBR <b>si</b> presentan una normalidad.							
H1: Hipótesis alterna: Los datos del CBR <b>no</b> presentan una normalidad.							
<b>PASO 2: NIVEL DE SIGNIFICANCIA</b>							
$\alpha = 5\%$ (0.05)							
<b>PASO 3: PRUEBA ESTADÍSTICA</b>							
Para muestras > a 50 datos usamos Kolmogorov-Smirnova (n>50, K-S)							
Para muestras < o = a 50 datos usamos Shapiro-Wilk (n≤50, K-S)							
<b>Pruebas de normalidad</b>							
% de cenizas de residuos de habas		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR	0%	,276	3	.	,942	3	,537
	2%	,228	3	.	,982	3	,742
	5%	,276	3	.	,942	3	,537
	8%	,276	3	.	,942	3	,537
* Para este objetivo se tienen 5 resultados, por lo que usamos Shapiro-Wilk con p-valor= 0.537							
<b>PASO 4: REGLA DE DECISIÓN</b>							
Si p-valor ≤ 0.05: Descartamos la hipótesis nula.							
p-valor= 0.537							
Comparación: 0.537 > 0.05							
Entonces la hipótesis nula es aceptable.							
<b>PASO 5: CONCLUSIÓN</b>							
Desde el punto de vista estadístico, los datos del CBR muestran normalidad con niveles de significancia superiores al 5%.							
<b>B. ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA DE UN FACTOR</b>							
<b>PASO 1: PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS</b>							

Ho: Hipótesis nula: los promedios de los grupos son idénticos, por ende no hay influencia en el CBR.

H1: Hipótesis alterna: Los promedios de los grupos son distintos, por ende hay influencia en el CBR.

**PASO 2: NIVEL DE SIGNIFICANCIA**

$\alpha = 5\%$  (0.05)

**PASO 3: PRUEBA ANOVA PARA EL CBR.**

**ANOVA**

CBR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	970,239	3	323,413	6694,768	,000
Dentro de grupos	,386	8	,048		
Total	970,626	11			

**PASO 4: PRUEBA DE TUKEY PARA EL CBR - SPSS.**

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: CBR

HSD Tukey

(I) % de cenizas de residuos de habas	(J) % de cenizas de residuos de habas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0%	2%	-6,7367*	,17946	,000	-7,3114	-6,1620
	5%	-17,9100*	,17946	,000	-18,4847	-17,3353
	8%	-22,8100*	,17946	,000	-23,3847	-22,2353
2%	0%	6,7367*	,17946	,000	6,1620	7,3114
	5%	-11,1733*	,17946	,000	-11,7480	-10,5986
	8%	-16,0733*	,17946	,000	-16,6480	-15,4986
5%	0%	17,9100*	,17946	,000	17,3353	18,4847
	2%	11,1733*	,17946	,000	10,5986	11,7480
	8%	-4,9000*	,17946	,000	-5,4747	-4,3253
8%	0%	22,8100*	,17946	,000	22,2353	23,3847
	2%	16,0733*	,17946	,000	15,4986	16,6480
	5%	4,9000*	,17946	,000	4,3253	5,4747

**PASO 5: REGLA DE DECISIÓN**

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ : confirmamos la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ : confirmamos la hipótesis nula ( $H_o$ ).

$p\text{-valor} = 0.000$

Comparación:  $0.000 < 0.05$

Entonces la hipótesis alterna es aceptable.

**PASO 6: CONCLUSIÓN**

Desde una perspectiva estadística, se puede afirmar que hay una influencia positiva significativa en el valor del CBR con la incorporación de ceniza de habas.

## V. DISCUSIÓN

**Discusión 1:** A partir de los resultados presentados y analizados, se evidencia una marcada reducción en el IP del suelo de sub rasante mediante la inclusión de CRH (ceniza de residuos de habas). Inicialmente, con un IP del 15% en la muestra inicial, este se reduce a un 13% con el aumento del 2% de CH, disminuyendo a un 12% con un 5% de inclusión de ceniza de habas y alcanzando un 10% con un 8% de incorporación de ceniza de habas. Estos resultados señalan que a medida que aumenta el porcentaje de ceniza de habas, se logra una disminución en el IP. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la investigación realizada por Cornelio y otros (2023), quienes al examinar adiciones del 0% de CCH (ceniza de cáscara de habas) + 0% de CHH (ceniza de hojas de higo), obtuvieron valores de índice plástico del 12.53% (C-01), 13.5% (C-02) y 13.67% (C-03). Para una adición del 0.3% de CCH + 0.7% de CHH, registraron valores de 12% (C-01), 11% (C-02) y 11.30% (C-03). En el caso de una adición del 1.0% de CCH + 2.0% de CHH, los resultados fueron de 11.90% (C-01), 8.8% (C-02) y 9.40% (C-03). Finalmente, para una adición del 2.0% de CCH + 3.0% de CHH, los valores obtenidos fueron de 10.60% (C-01), 8.1% (C-02) y 5.90% (C-03). Es esencial destacar que la investigación de Cornelio se llevó a cabo en la ciudad de Lima, caracterizado por un clima costero templado y húmedo, empleando normativas peruanas. En contraste, el presente estudio se realizó en el departamento de Puno, con un clima de sierra moderadamente lluvioso y frío, también utilizando normativas peruanas para los ensayos y la obtención de materiales. En ambas investigaciones, se observa que a medida que aumentan los porcentajes de adición de cenizas, se reduce el índice de plasticidad, tanto en las temperaturas costeras como en las de la sierra.

**Discusión 2:** En relación con los datos obtenidos del OCH para la muestra original de la Calicata 4, junto con la inclusión de CRH (cenizas de residuo de habas), se obtuvieron los siguientes valores: para la muestra de referencia C-04, se registró

un OCH del 12.7%. Por otro lado, al introducir cenizas de residuo de habas en proporciones del 2%, 5% y 8%, los resultados fueron de 12.9%, 13.4% y 14.1%, respectivamente. En cuanto a la MDS, la muestra original C-04 presentó un valor de 1.896 gr/cm<sup>3</sup>. Al agregar las cenizas de residuo de habas en cantidades del 2%, 5% y 8%, los valores respectivos fueron de 1.922, 1.951 y 1.968 gr/cm<sup>3</sup>.

Fajardo y otros (2022) reportaron los siguientes resultados para las muestras de subrasante, tanto para el suelo patrón como para aquellas con adiciones del 5, 10 y 15% de bagazo de azúcar (ceniza). Se determinaron las características del suelo, obteniendo valores de humedad óptima de 10.35%, 9.02%, 12.65% y 8.35%, así como densidades máximas secas de 1.965, 1.805, 1.685 y 2.134 g/cc.

La investigación se llevó a cabo en el departamento de Tolima, Colombia, situado en un valle con variados niveles térmicos de montaña, con el propósito de hallar las características del suelo de estudio utilizando las normativas correspondientes al INVIAS. En contraste, nuestra investigación se desarrolló en el departamento de Puno, donde prevalece un clima de sierra moderadamente lluvioso y frío. A pesar de las diferencias en la ubicación geográfica y el porcentaje de materiales utilizados para la mejora del suelo, los datos de los ensayos muestran ciertas similitudes. Se observa que, al agregar CBA (ceniza de bagazo de azúcar), como lo hicieron los autores de la investigación de referencia, el CBR de los suelos tiende a aumentar y mejorar en relación al aumento del porcentaje de adición.

**Discusión 3:** En relación al Índice de Resistencia de California (CBR), se observa que la muestra de control C-04 presenta un valor del 2.30%. No obstante, al introducir cenizas de residuo de habas en proporciones del 2%, 5% y 8%, se registran incrementos en los resultados, alcanzando valores de 9.0%, 20.0% y 25.0%, respectivamente. Estos datos revelan un incremento progresivo en el CBR y en la mejora de las características del suelo a medida que se agrega el CRH (cenizas de residuo de habas).

Chura y otros (2022), Realizaron su investigación en la carretera Caracoto – Coata, Puno, donde evaluaron las muestras extraídas adicionando cenizas de habas con ceniza de cañihua en porcentajes de 0CHH+0CHC, 2CHH+2CHC, 2CHH+3CHC, 2CHH+4CHC, 3CHH+2CHC, 3CHH+3CHC, 3CHH+4CHC, 4CHH+2CHC, 4CHH+3CHC y 4CHH+4CHC, una vez ensayadas las muestras determinaron el

CBR obteniendo 5.2%,5.1%, 6.2%, 6.5%, 5.3%, 8.0%, 9.4%, 10.7%, 10.7% y 9.5% respectivamente. Esta investigación se realizó al lado este de la ciudad de Puno con un clima frio y seco la zona es una planicie donde también se tiene áreas de montañas también se tiene presencia del rio Coata, a diferencia de que nuestro estudio se desarrolló en la ciudad de Pilcuyo al lado sur de la ciudad de Puno la cual está ubicada a las riberas del lago Titicaca por lo que su clima es en parte húmeda, donde se tiene suelos no accidentados, con los datos obtenidos tanto en nuestro estudio como en la de los autores Chura y otros se puede observar la diferencia mencionado que las cenizas de residuo de habas tuvieron una mayor influencia en el suelo en comparación con las cenizas de habas y cañihua en conjunto.

## VI. CONCLUSIONES

- En el presente estudio se tuvo el propósito de optimizar las características de los suelos de la subrasante incorporando ceniza de residuos de habas, carretera Chasqui - Pilcuyo, Puno, 2023. Donde se empleó las siguientes dosificaciones de 2, 5, 8% de ceniza de residuos de habas, las propiedades del suelo que se evaluaron son el IP, máxima densidad, CBR.
- El IP calculado para el suelo en su condición inicial es del 15%. Al agregar ceniza de residuos de habas en proporciones variables de 2%, 5% y 8%, se observa una reducción en el IP de 13%, 12% y 10%, respectivamente. Estos resultados obtenidos en el laboratorio indican la disminución del IP en respuesta al aumento de las dosificaciones de ceniza de residuos de habas. En consecuencia, se puede afirmar que las diversas concentraciones de ceniza de residuos de habas contribuyen a la reducción de la plasticidad en los suelos.
- La MDS lograda en la muestra en estado natural es de 1.896 gr/cm<sup>3</sup>. Al introducir ceniza de residuos de habas en proporciones del 2%, la MDS alcanza los 1.922 gr/cm<sup>3</sup>; con un 5%, la MDS se sitúa en 1.951 gr/cm<sup>3</sup>; y al emplear un 8%, la MDS asciende a 1.968 gr/cm<sup>3</sup>. Estos resultados obtenidos en el laboratorio indican un aumento que brinda una mejora de las características del suelo.
- El CBR obtenido para la muestra natural es de 2.30% y al incorporar ceniza de residuos de habas en porcentajes de 2% el CBR es 9%, para 5% el CBR es 20% y para 8% el CBR es 25%. Estos valores determinados en laboratorio representan el incremento del CBR y mejorando sus propiedades del suelo. Las dosificaciones de cenizas de residuo de habas incrementan el valor del CBR en los suelos.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere la utilización de ceniza de residuos de habas, ya que su adición conlleva a la reducción del IP del suelo, comparado con los resultados logrados en la muestra en su estado natural.
- Se aconseja aplicar ceniza de residuos de habas para contribuir en las características de la sub-rasante en suelos con características análogas a las del suelo analizado, dado que este material aumenta la MDS de la muestra de suelo estudiada.
- Se recomienda emplear ceniza de residuos de habas en suelos con bajo CBR, ya que este material aumentó el CBR del suelo objeto de estudio en comparación con la muestra inicial.
- Se aconseja registrar con precisión y claridad las lecturas de la prueba del CBR, cumpliendo con los estándares establecidos, para evitar posibles errores en los resultados.

## REFERENCIAS

1. **Behera, Rashmisikha y Ranjan, Manas.** *Un estudio experimental sobre la evaluación del suelo de algodón negro estabilizado con cenizas volantes reforzado con fibra como material de subrasante sostenible.* s.l. : Materialstoday: proceedings, 2022.
2. *Use of secondary additives in fly ash based soil stabilization for soft subgrades.* **Harami, Hadi, y otros.** s.l. : Transporte Geotecnia, 2021, Vol. 29.
3. *Ingeniería y evaluación ambiental para la utilización de cenizas volantes de plantas de celulosa recicladas como aglutinante en la construcción de carreteras sostenibles.* **Cherián, Chinchu y Siddiqua, Sumi.** s.l. : Revista de producción mas limpia, 2021, Vol. 209.
4. *Aplicación de cenizas volantes de carbón en la estabilización de la subrasante del pavimento: una revisión.* **Zimar, Z., y otros.** s.l. : Diario de Gestión Ambiental, 2022, Vol. 312.
5. *Estabilización de arenas limosas mediante bentonita-magnesio-alcalinización: Caracterización mecánica, fisicoquímica y microestructural.* **Muhammad, Nurmunira y Siddiqua, Sumi.** s.l. : Ciencia aplicada de la arcilla, 2019, Vol. 183.
6. *Utilización sostenible de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la subrasante de carreteras: una revisión crítica.* **Khandelwal, Amrisha, Kishor, Roop y Pratap, Vishwajee.** 1, s.l. : Materialstoday: Proceedings, 2023, Vol. 78, págs. 114-119.
7. *Evaluación de propiedades mecánicas de suelos estabilizados con cemento.* **Pongsivasathit, Supasit, Horpibulsuk, Suksun y Piyaphipat, Suthee.** s.l. : Casos de Estudio en Materiales de Construcción, 2019, Vol. 11.
8. *Estabilización de agregados de demolición reciclados mediante geopolímeros que comprenden residuos de carburo de calcio, cenizas volantes y precursores de escoria.* **Arulrajah, Arul, y otros.** s.l. : Construcción y Materiales de Construcción, 2016, Vol. 114, págs. 864-873.
9. **Ochoa, Lys.** *Influencia de la ceniza de cañihua como estabilizante de la subrasante de la carretera Chupa -Trapiche, Puno 2022.* Lima : UCV, 2022.
10. **Zambrano, Fredy.** *Análisis comparativo de la capacidad de soporte a nivel de subrasante en suelos arcillosos incorporando ceniza de saccharum officinarum y activador alcalino en la trocha carrozable Sahuanay – Umaccata Tamburco Abancay 2021.* Abancay : UTA, 2022.
11. **Remuzgo, Karina.** *Evaluación del suelo arenoso arcilloso adicionando puzolana de ceniza de paja de trigo en una subrasante distrito de Huacrapuquio.* Huancayo : UPLA, 2022.
12. **Chalco, Yeisi y Tecsi, Waldy.** *Mejoramiento del material de afirmado usando cenizas de tallos de habas y arvejas en Paucartambo – Paucartambo - Cusco.* Cusco : UCV, 2022.
13. **Cornelio, Katherine y Peralta, Erick.** *Propiedades en subrasante con cenizas de cáscaras de habas y hojas de higo en Av. El Sol de Naranjal, Lima-2022.* Callao : UCV, 2023.
14. **Chura, Marleni y Tipo, Jorge.** *Adición de ceniza de hojas de cañihua-haba para la estabilización de subrasante del camino vecinal Caracoto – Coata, Puno-2022.* Lima : UCV, 2022.
15. **Andaluz, Ronnie.** *Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante.* Ambato - Ecuador : UTA, 2022.
16. **Fajardo, Nicolas, Gutiérrez, Angie y Perez, Wilmer.** *Evaluación de las propiedades mecánicas del material de subrasante y afirmado de la zona carrera 10 con Calle 19, “B/ San Jorge Comuna 3”, De Ibagué - Tolima con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar.* Ibagué : UCC, 2022.
17. **Apolinario, William y Flores, Elvis.** *Estabilización de suelos de baja capacidad portante utilizando concha del coco seco, ceniza de la cáscara de maní para la estructura de los pavimentos a nivel de la sub-rasante.* Guayaquil : ULVR, 2022.
18. *Efecto de mejora de las cenizas volantes y la escoria de acero molida en polvo para mejorar el suelo de subrasante expansivo.* **Alemshet, Dereje, y otros.** s.l. : Journal of Engineering, 2023, Vol. 2023, pág. 9.
19. *Efecto de las cenizas volantes y el cemento en la característica de ingeniería del suelo de subrasante estabilizado: un estudio experimental.* **Rai, Partab, y otros.** s.l. : Geofluidos, 2021, Vol. 2021, pág. 11.
20. **Uriarte, M.** *Características.* 2021.
21. **García, Jonatan.** *Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín.* Bogotá, D. C : UCatólica, 2019.
22. **Pincay, David.** *Origen, formación y constitución.* Guayaquil : s.n., 2013.
23. **Panigua, Maycol.** *Terias del suelo.* [En línea] 2017.
24. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** *Manual de Carreteras, Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos.* Lima : s.n., 2014.

25. **Braja, M.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico : Centage Learning, 2015. 978-607-519-373-1.
26. **Villalta, Julio y Chang, Erika.** *Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de suelos arcillosos mediante el uso de puzolana natural, polvo de ladrillo y goma guar en San Cristóbal-Huancavelica*. Lima : UPC, 2020.
27. **Instituto de la construcción y gerencia.** *Norma técnica CE. 010 Pavimentos urbanos*. s.l. : ICG, 2010.
28. **Angulo, Mariselva y Zavaleta, Cintia.** *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la Prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019*. San Juan Bautista – Maynas – Loreto : UCP, 2020.
29. **Del Castillo, Fiorella y Solano, Yosmer.** *Estabilización de suelos con uso de aditivos químicos del camino vecinal pampas de Cochaya, Olaya – Mache – Otuzco – La Libertad*. Trujillo : UPAO, 2021.
30. **Ulloa, Horacio.** *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas*. Nicaragua : UNAN, 2015.
31. **Yepes, V.** *Procedimientos de construcción para la compactación y mejora del terreno*. España : UPV, 2021.
32. **Valle, Wilfredo.** *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Madrid : UPM, 2010.
33. **Torres, Sergio y Landa, Jacques.** *Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal en el tramo de la carretera Tingo María - Monzón en la provincia de Leoncio Prado*. Lima : UPC, 2023.
34. **Abanto, Luis y Salinas, Eloy.** *Análisis de la estabilización de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal en el Perú*. Trujillo - Perú : UPN, 2021.
35. **Arenas, Antonio Cesar.** *Análisis comparativo de los métodos (aashto 93, boussineq, abacos de colorado), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera dv. las vegas - tarma, provincia de tarma - region de junin*. Universidad Nacional de San Martín, Morales : 2017.
36. **Chambi, Gloria y Cancapa, Vanessa.** *Determinación de parámetros del equipo refinador de pasta para la obtención de papel Kraft a partir de tallos de quinua*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno : 2012.
37. **Lencinas, Fredd y Incahunaco, Becker.** *evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolanico ip en la zona altiplanica*. UNA, PUNO : 2017.
38. **Rivva, Enrique.** *Materiales para el Concreto, segunda edición*. Lima : s.n., 2010.
39. **Perez , Rocio.** *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbon para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*. UNI, Perú : 2011.
40. **Landeau, Rebeca.** *Elaboración de Trabajos de Investigación*. Caracas : Alfa, 2007. 980-354-214-1.
41. **Otero, Alfredo.** *Metodos para el Diseño de Investigación*. Colombia : s.n., 2018.
42. **Camacllanqui, Guino Josue y Rivera, Jhonatan Stiven.** *Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de madera y fibra de coco en la AV. Andres Avelino Caceres, Huancavelica - 2021*. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2021.
43. **Hernández, Roberto.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : McGraw-Hill, 2014. 978-14562-2396-0.
44. **Arias, Fidias.** *El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica*. Venezuela : Caracas, 2012.
45. **Baena, Guillermina.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : Patria, 2017.
46. **G. Arias, Fidias.** *El Proyecto de Investigación*. Caracas : Episteme, C.A., 2016.
47. **Hernández Sampieri, Roberto.** *Metodología de la Investigación*. Mexico : McGraw-Hill, 2014. 978-14562-2396-0.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
<b>Cenizas de residuo de habas</b>	Es el resultado de la incineración de los residuos de habas en estado seco o maduro, el cual posee unas propiedades finas de color plomo claro, este material se encuentra en zonas campestres donde son usados como combustión en los fogones a la hora de hacer sus alimentos	Las cenizas de residuo habas se proceden a caracterizar físicamente (porcentajes de componentes y Granulometría), luego de esto se derivará a mezclarlo con el suelo arcilloso extraído de la carretera Chasqui-Pilcuyo para su respectivo mejoramiento, Para lo cual se usaron los siguientes porcentajes de dosificaciones de cenizas de residuos de habas.	Dosificación	0%, 2%, 5%, 8% de cenizas de habas.	Razón
<b>Estabilización de la Subrasante</b>	La estabilización del suelo se especifica como la mejora de las propiedades físicas del material mediante procesos mecánicos y la incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Estos mejoramientos generalmente se llevan a cabo en los suelos de subrasante con capacidad portante muy baja o pobre, en este caso se les conoce como estabilización al suelo cemento, suelo cal, suelo asfáltico y otros productos diversos.	Para la siguiente variable con fines de estabilizar el suelo arcilloso se tiene el siguiente proceso operacional: Cuantitativa aplicada, de manera que se busca determinar las propiedades del suelo con ensayos en laboratorio de manera rápida y con resultados numéricos exactos.	propiedades físicas y mecánicas	Limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad, granulometría, contenido de humedad, clasificación de suelos, Proctor modificado, CBR.	Razón

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Los suelos de subrasante de la Carretera Chasqui - Pilcuyo en el departamento de Puno están compuesto por suelos cohesivos con plasticidad y limitada capacidad de soporte, los mismos que ante el incremento de humedad en épocas de lluvias provoca la deformación de la fundación del pavimento ¿De qué manera influye la incorporación de cenizas de residuos de habas en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023?	Mejorar las propiedades de los suelos de subrasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.	La incorporación dosificada de ceniza de residuo de habas mejoraría las propiedades del suelo de subrasante de la Carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.	<b>Variable independiente:</b> cenizas de residuo de habas	Dosificación	0%, 2%, 5%, 8% de cenizas de habas.	<b>Tipo:</b> aplicada <b>Enfoque:</b> cuantitativo <b>Diseño:</b> experimental <b>Población:</b> está conformada por los suelos existentes a nivel de la subrasante en la carretera Chaqui – Pilcuyo en la región de puno.
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>				
La carretera Chasqui - Pilcuyo en Puno presenta actualmente severas deformaciones debido a la elevada plasticidad de los suelos de subrasante, provocando el deterioro del pavimento y la intransitabilidad de la carretera ¿Cómo influye la incorporación de ceniza de residuo de habas en la reducción de la plasticidad de la carretera Chasqui-Pilcuyo ubicada en el departamento de Puno?	Reducir el índice de plasticidad de los suelos de subrasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023	La incorporación de ceniza de residuo de habas reduciría la plasticidad de los suelos de fundación de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.				<b>Muestra:</b> conformada por 4 calicatas a una profundidad de 1.50 m en el tramo 11 + 520 – 21 + 820 de la carretera Chasqui – Pilcuyo.
						<b>Muestreo:</b> no probabilístico por conveniencia.
El suelo de subrasante del de la carretera Chasqui-Pilcuyo, al ser compuesto por una excesiva cantidad de material fino con plasticidad, tiene una compactación con un porcentaje mínimo, el cual que no está en los parámetros de aceptación del MTC ¿Cómo se podrá mejorar la máxima densidad seca de la subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023?	Mejorar la máxima densidad seca en la subrasante incorporando ceniza de residuo de habas, carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023	La incorporación de ceniza de residuo de habas incrementará la máxima densidad seca de los suelos de fundación de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.	<b>Variable Dependiente:</b> Estabilización de la Subrasante	propiedades físicas y mecánicas	Limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad, granulometría, contenido de humedad, clasificación de suelos, Proctor modificado, CBR.	<b>Técnica:</b> observación directa
De acuerdo a estudios de suelos previos en la carretera Chaqui-Pilcuyo en el departamento de Puno, se conoce que el suelo de fundación está conformado por suelos blandos, clasificados según SUCS como limos y arcillas con plasticidad (CL), los mismos que no cumplen con las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras del MTC (EG-2013) ¿Cómo influye la incorporación de ceniza de residuos de habas en la capacidad de soporte de los suelos subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo ubicada en el departamento de Puno?	Elevar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.	La incorporación de ceniza de residuo de habas elevaría la capacidad de soporte de los suelos de fundación de la carretera Chasqui-Pilcuyo, Puno, 2023.				<b>Instrumentos:</b> guías de observación de campo, guías de laboratorio

### Anexo 3. Panel fotográfico

	
<p>Excavación de calicatas</p>	<p>Obtención de residuos de habas</p>
	
<p>Ensayo de granulometría</p>	<p>Ensayo de límites de consistencia</p>
	
<p>Mezcla de dosificaciones de ceniza de residuos de habas con muestras de suelo</p>	<p>Ensayo de Proctor</p>

Anexo 4. Certificados de laboratorio de los ensayos



**G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**  
G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

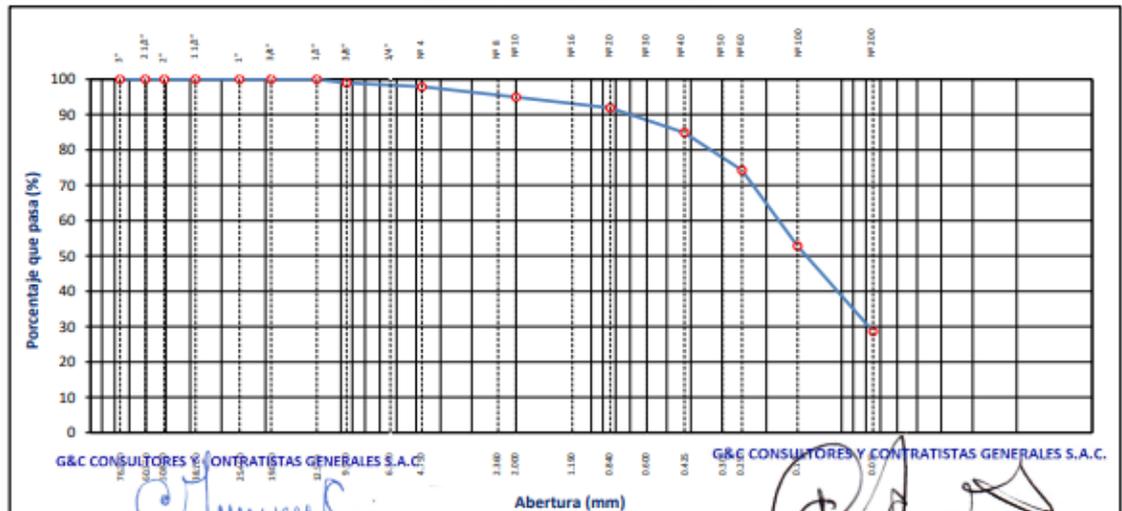
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N°	: T_UCV_REL-06/23-01:1-G&C
		Fecha	: 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 01	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica	<b>NIVEL FRÁTICO</b>	: No indica
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 251.97 gr.
6 in.	152.400						Masa Global : 251.97 gr.
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%): 6.60
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL): 30.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP): 20.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP): 10.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : SC
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia : 2.34
3/8 in.	9.500	2.60	1.03	1.03	98.97		<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
1/4 in.	6.350						Descripción ( AASHTO): BUENO
Nº 4	4.750	2.71	1.08	2.11	97.89		Descripción ( SUCS): Arena arcillosa
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	7.43	2.95	5.06	94.94		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	7.71	3.06	8.12	91.88		<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	17.62	6.99	15.11	84.89		Grava 2" - Nº 4 : 2.11
Nº 50	0.300						Arena Nº4 - Nº 200 : 69.27
Nº 60	0.250	26.81	10.64	25.75	74.25		Finos < Nº 200 : 28.62
Nº 100	0.150	54.07	21.46	47.21	52.79		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	60.91	24.17	71.38	28.62		
< Nº 200	FONDO	72.11	28.62	100.00			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

Bach. LC MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136320

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

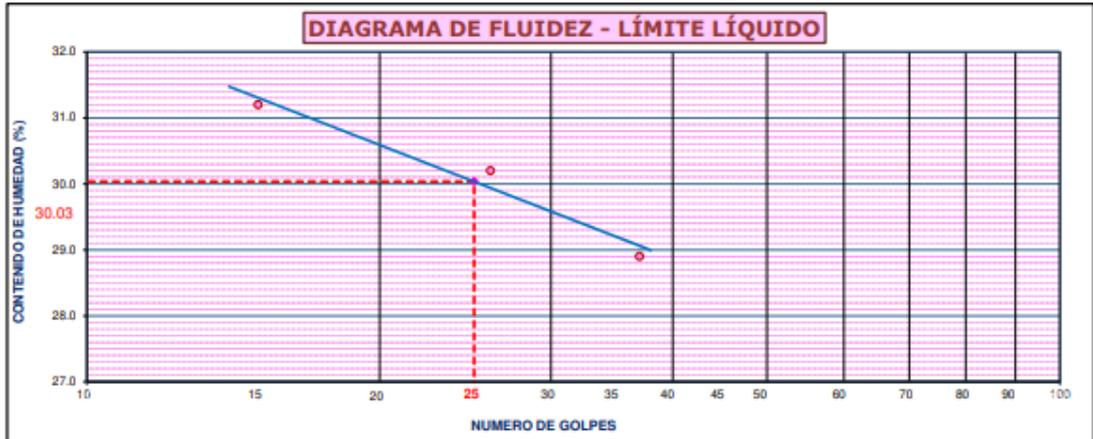
**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**  
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESTIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-01:1-G&C
		<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 01	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica	
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	
	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 01	LC - 02	LC - 03	
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.84	45.92	45.91	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	63.54	63.24	62.14	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	59.33	59.22	58.50	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.21	4.02	3.64	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	13.49	13.3	12.59	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>31.2</b>	<b>30.2</b>	<b>28.9</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>[ n° ]</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 04	LC - 05		
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.94	47.87		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	50.07	51.11		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	49.55	50.57		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.52	0.54		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.61	2.70		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>19.9</b>	<b>20.0</b>	<b>LP= 19.95</b>	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	30.00
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	20.00
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	10.00

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023
<b>Registro N°</b>	: T_UCV_REL-06/23-01-1-G&C
<b>Fecha</b>	: 14 de Junio del 2023

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	<b>COORDENADAS</b>
<b>CALICATA</b> : C - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>ESTE</b> :
<b>MUESTRA</b> : M - 01	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	<b>NORTE</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b> : No indica		<b>COTA</b> :

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara	[ n° ]	CH - 01	CH - 02	CH - 03
Masa Tara	[ g ]	70.72	72.20	78.94
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	330.61	347.39	359.87
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	315.18	330.32	341.70
Masa Agua	[ g ]	15.43	17.07	18.17
Masa Suelo Seco	[ g ]	244.46	258.12	262.76
Contenido de Humedad	[ g ]	6.31	6.61	6.92
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%)</b>	<b>6.6</b>		

**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
UNI: 47136110

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

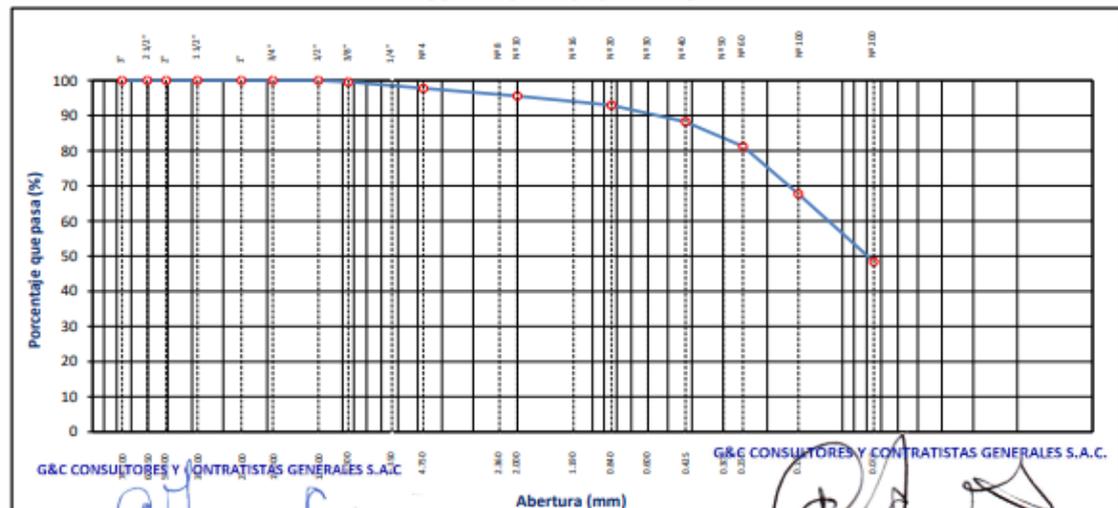
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-02:1-G&C
		Fecha : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :	
<b>CALICATA</b>	: C - 02		<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 290.24 gr.
6 in.	152.400						Masa Global : 290.24 gr.
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 5.40
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL): 31.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP): 22.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP): 9.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : SC
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-4 (2)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia : 2.84
3/8 in.	9.500	1.32	0.45	0.45	99.55		<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
1/4 in.	6.350						Descripción ( AASHTO): REG-MALO
Nº 4	4.750	5.22	1.80	2.25	97.75		Descripción ( SUCS): Arena arcillosa
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	6.32	2.18	4.43	95.57		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	7.61	2.62	7.05	92.95		<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	13.67	4.71	11.76	88.24		Grava 2" - Nº 4 : 2.25
Nº 50	0.300						Arena Nº4 - Nº 200 : 49.32
Nº 60	0.250	20.42	7.04	18.80	81.20		Finos < Nº 200 : 48.43
Nº 100	0.150	39.33	13.55	32.35	67.65		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	55.79	19.22	51.57	48.43		
< Nº 200	FONDO	140.56	48.43	100.00			

## CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones: Las mediciones fueron proporcionadas por el responsable del estudio.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 42963340

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

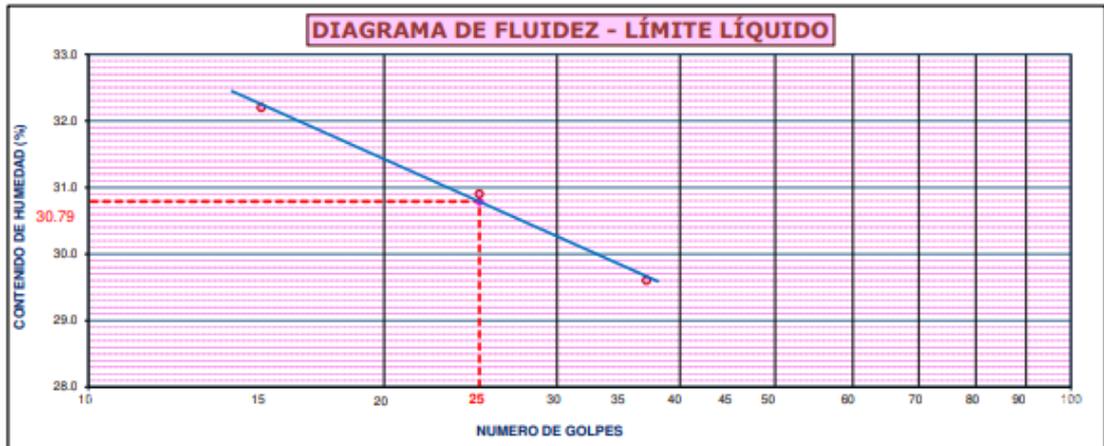
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-02:1-G&C
		<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDECENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b>	: C - 02	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>ESTE</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica		<b>NORTE</b> :
		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	
		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	
		<b>COTA</b> :	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 06	LC - 07	LC - 08	
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.83	45.95	42.95	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	60.43	61.32	58.43	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	57.12	57.69	54.89	
MASA DE AGUA	[ g ]	3.31	3.63	3.54	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	10.29	11.74	11.94	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>32.2</b>	<b>30.9</b>	<b>29.6</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>[ n° ]</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 09	LC - 10		
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.39	49.02		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.36	51.50		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.83	51.05		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.53	0.45		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.44	2.03		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>21.7</b>	<b>22.2</b>	<b>LP= 21.95</b>	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	31.00
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	22.00
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD</b>	9.00

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

Bach. LC/ MARY CARMEN YANA CONDRY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 UNI : 47136110

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

<b>TESIS</b> : MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-02-1-G&C <b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023
--	--

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 02	<b>COORDENADAS</b>
<b>MUESTRA</b>	: M - 01	<b>ESTE</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica	<b>NORTE</b> :
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>COTA</b> :
	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara	[ n° ]	CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[ g ]	71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	359.26	344.67	374.28
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	344.51	332.18	357.33
Masa Agua	[ g ]	14.75	12.49	16.95
Masa Suelo Seco	[ g ]	273.08	260.13	282.40
Contenido de Humedad	[ g ]	5.40	4.80	6.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%)</b>	<b>5.4</b>		

**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

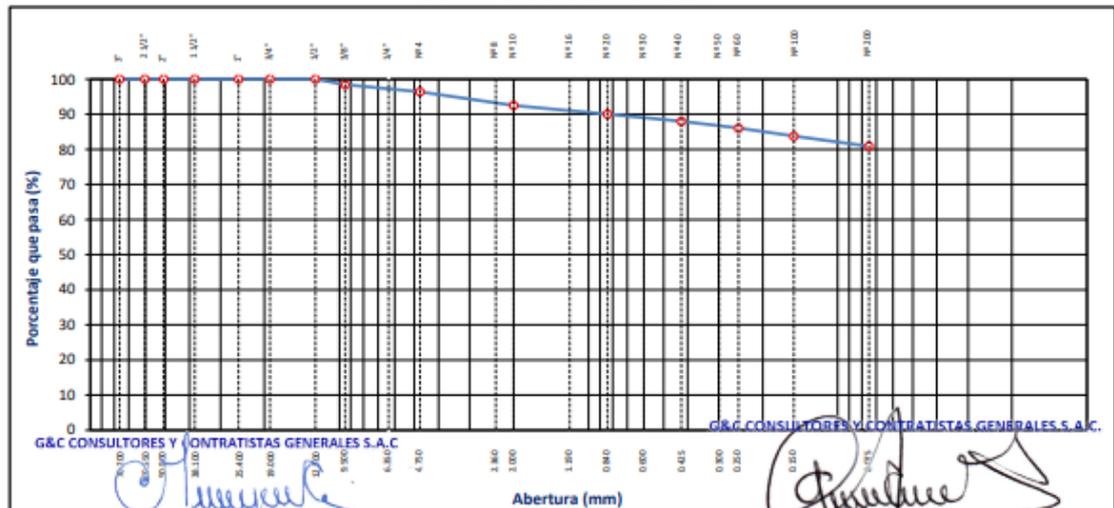
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-03-1-G&C
		Fecha : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>COORDENADAS</b>	
<b>CALICATA</b>	: C - 03		<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica
		<b>ESTE</b> :	
		<b>NORTE</b> :	
		<b>COTA</b> :	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 243.48 gr. Masa Global : 243.48 gr.
6 in.	152.400						
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						
3 in.	76.200						Contenido de Humedad (%) : 4.70
2 1/2 in.	60.350						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 in.	50.800						Límite Líquido (LL) : 32.00
1 1/2 in.	38.100						Límite Plástico (LP) : 21.00
1 in.	25.400						Índice Plástico (IP) : 11.00
3/4 in.	19.000						Clasificación (SUCS) : CL
1/2 in.	12.500				100.00		Clasificación (AASHTO) : A-6 (8)
3/8 in.	9.500	3.81	1.56	1.56	98.44		Índice de Consistencia : 2.48
1/4 in.	6.350						<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
Nº 4	4.750	4.93	2.02	3.59	96.41		Descripción ( AASHTO) : MALO
Nº 8	2.360						Descripción ( SUCS) : Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 10	2.000	9.44	3.88	7.47	92.53		Materia Orgánica :
Nº 16	1.190						Turba : --
Nº 20	0.840	6.06	2.49	9.96	90.04		CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 30	0.600						<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 40	0.425	5.02	2.06	12.02	87.98		Grava > 2" : 0.00
Nº 50	0.300						Grava 2" - Nº 4 : 3.59
Nº 60	0.250	4.72	1.94	13.96	86.04		Arena Nº4 - Nº 200 : 15.53
Nº 100	0.150	5.53	2.27	16.23	83.77		Finos < Nº 200 : 80.88
Nº 200	0.075	7.05	2.90	19.12	80.88		%>3" : 0.0%
< Nº 200	FONDO	196.92	80.88	100.00			

## CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDRY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

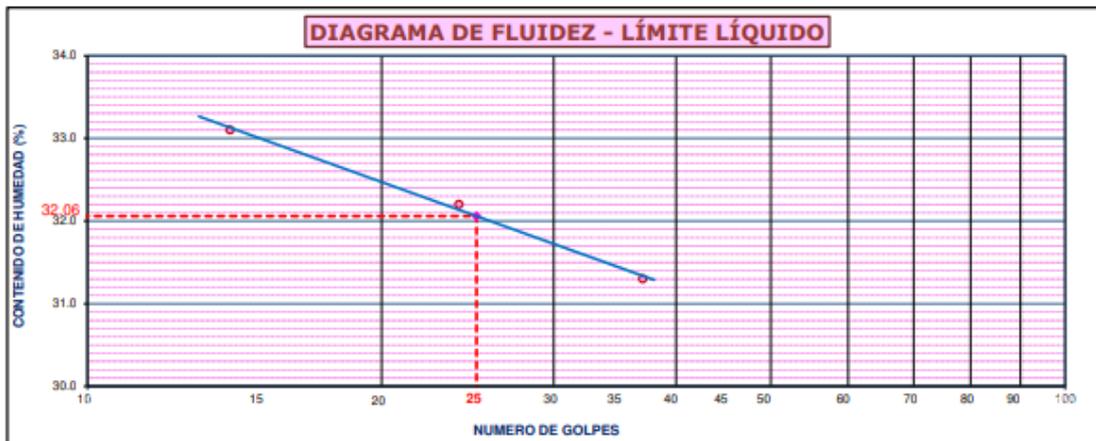
**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**  
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-03:1-G&C
		Fecha : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b>	: C - 03	<b>COORDENADAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	: M - 01		<b>ESTE</b> :
<b>PROFUNDIDAD</b>	: No indica		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> :	
		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	
		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	

LÍMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 11	LC - 12	LC - 13	
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.79	48.08	34.45	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	64.63	61.67	50.07	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	59.94	58.36	46.35	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.69	3.31	3.72	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	14.15	10.28	11.9	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>33.1</b>	<b>32.2</b>	<b>31.3</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>[ n° ]</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>37</b>	

LÍMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 14	LC - 15		
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.56	46.74		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	48.69	49.94		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.14	49.38		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.55	0.56		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.58	2.64		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>21.3</b>	<b>21.2</b>	<b>LP= 21.25</b>	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LIQUIDO	32.00
LÍMITE PLASTICO	21.00
INDICE DE PLASTICIDAD	11.00

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDDRY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136110

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

<b>TESTES</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023
	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-03-1-G&C
	Fecha : 14 de Junio del 2023

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b> : C - 03	<b>COORDENADAS</b>
<b>MUESTRA</b> : M - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>PROFUNDIDAD</b> : No indica	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica
	<b>ESTE</b> :
	<b>NORTE</b> :
	<b>COTA</b> :

N° DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara	[ n° ]	CH - 07	CH - 08	CH - 09
Masa Tara	[ g ]	69.50	76.94	68.92
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	381.03	352.06	340.33
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	366.33	340.08	328.26
Masa Agua	[ g ]	14.70	11.98	12.07
Masa Suelo Seco	[ g ]	296.83	263.14	259.34
Contenido de Humedad	[ g ]	4.95	4.55	4.65
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%)</b>	<b>4.7</b>		

**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136330

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

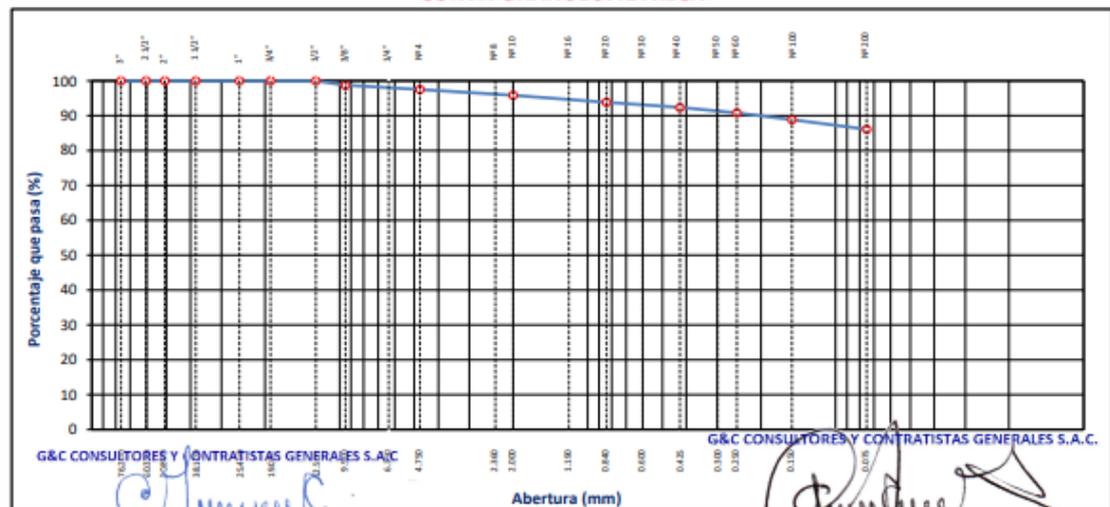
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-04:1-G&C
		Fecha : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>0% CENIZA</b>	<b>NIVEL FRÁTICO</b>	: No indica
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 297.17 gr.
6 in.	152.400						Masa Global : 297.17 gr.
5 in.	127.000						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO</b>
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%): 4.80
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL): 32.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP): 17.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP): 15.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS): CL
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO): A-6 (12)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia : 1.81
3/8 in.	9.500	3.82	1.29	1.29	98.71		<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO</b>
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 4	4.750	3.57	1.20	2.49	97.51		Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	4.98	1.68	4.16	95.84		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	5.92	1.99	6.15	93.85		<b>CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS</b>
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	4.44	1.49	7.65	92.35		Grava 2" - Nº 4 : 2.49
Nº 50	0.300						Arena Nº 4 - Nº 200 : 11.42
Nº 60	0.250	4.63	1.56	9.21	90.79		Finos < Nº 200 : 86.09
Nº 100	0.150	5.80	1.95	11.16	88.84		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	8.18	2.75	13.91	86.09		
< Nº 200	FONDO	255.83	86.09	100.00			

## CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47336310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

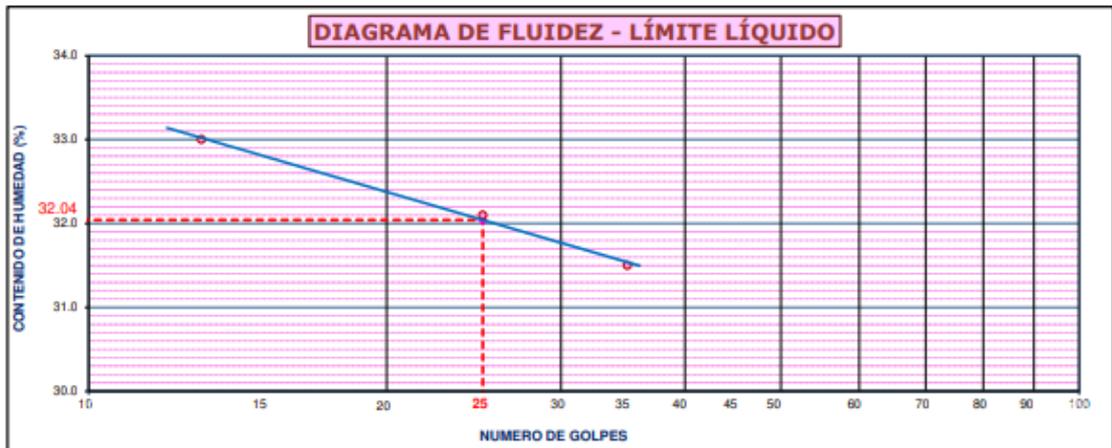
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-04:1-G&C
		<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b> <b>ESTE</b> : <b>NORTE</b> : <b>COTA</b> :	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 01		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>0% CENIZA</b>		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 16	LC - 17	LC - 18
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.18	46.11	45.5
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	65.80	60.75	64.83
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	60.93	57.19	60.20
MASA DE AGUA	[ g ]	4.87	3.56	4.63
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	14.75	11.08	14.7
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	[ % ]	<b>33.0</b>	<b>32.1</b>	<b>31.5</b>
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	[ n° ]	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>35</b>

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA		LC - 19	LC - 20	
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.66	45.47	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	48.61	48.84	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.18	48.36	
MASA DE AGUA	[ g ]	0.43	0.48	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.52	2.89	
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	[ % ]	<b>17.1</b>	<b>16.6</b>	<b>LP= 16.85</b>



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	32.00
LÍMITE PLÁSTICO	17.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	15.00

*Mary Carmen Yana Condory*

Bach. I.C/ MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136110

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable el estudio.

*Alex Luis Gomez Calla*

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)**

<b>TESTIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N°	: T_UCV_REL-06/23-04:1-G&C
		Fecha	: 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>0% CENIZA</b>	<b>NIVEL FRÁTICO</b>	: No indica
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

N° DE ENSAYOS		1	2	3
Nº Tara	[ nº ]	CH - 10	CH - 11	CH - 12
Masa Tara	[ g ]	76.71	72.05	75.59
Masa Tara + Suelo Humedo	[ g ]	416.86	303.48	350.91
Masa Tara + Suelo Seco	[ g ]	401.50	292.40	338.73
Masa Agua	[ g ]	15.36	11.08	12.18
Masa Suelo Seco	[ g ]	324.79	220.35	263.14
Contenido de Humedad	[ g ]	4.73	5.03	4.63
<b>PROMEDIO</b>	<b>(%)</b>	<b>4.8</b>		

**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT

(56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12(2021))

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO : CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-04:1-G&C
		<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO NATURAL	<b>SOLICITANTE</b> :	Bach. ROMARIO ESCOBAR
<b>CALICATA</b>	: C - 04		LUPACA
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 01	<b>TAMANO MÁXIMO</b> :	1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: 0% CENIZA	<b>NIVEL FRÁTICO</b> :	No indica
		<b>COORDENADAS</b>	
		<b>ESTE</b> :	
		<b>NORTE</b> :	
		<b>COTA</b> :	

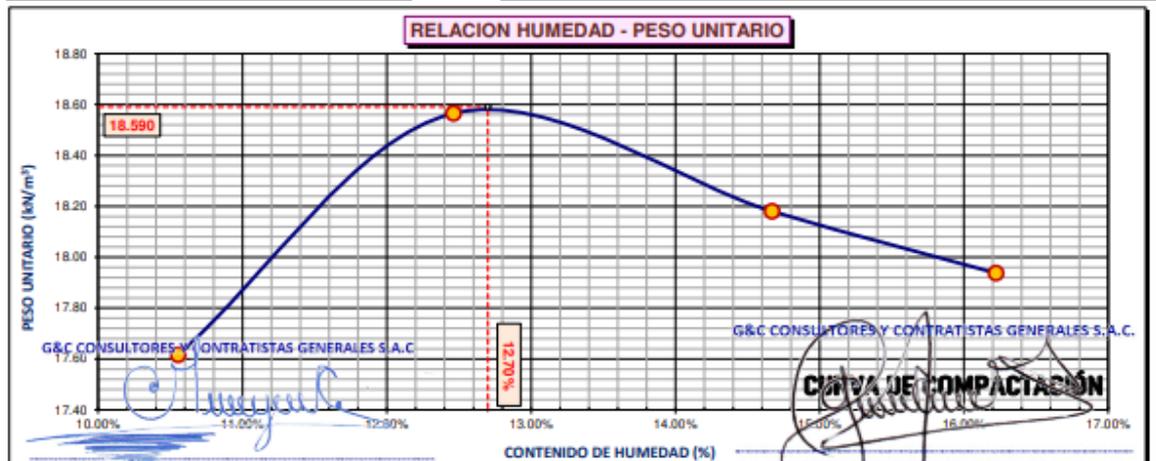
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b> :	CL	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b> :	
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b> :	A-6 (12)	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b> :	1.29 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b> :	Arcilla de baja plasticidad	<b>% Ret. Tamiz N°4</b> :	2.49 %
		<b>METODO DE ENSAYO</b> [Método A]	
		<b>No DE CAPAS</b>	5
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	25

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	X - 05	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	930.00 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	3,978 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5825	5958	5955	5955
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	[ g ]	1847	1980	1977	1977
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.986	2.129	2.126	2.126

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	57.71	59.00	63.81	57.30
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	366.62	353.64	329.50	350.19
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	337.13	320.99	295.51	309.31
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	29.49	32.65	33.99	40.88
<b>Humedad (%)</b>	%	10.55%	12.46%	14.67%	16.22%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	10.55%	12.46%	14.67%	16.22%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.796	1.893	1.854	1.829
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	17.62	18.57	18.18	17.94

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D1557-12(2021)	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	1.896 gr/cc	18.590 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	12.70 %	12.70 %



**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable de la obra. **ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA**  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176  
Bach. I. C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 47136110

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

**STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)**

TESIS	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N°	: T_UCV_REL-06/23-04:1-G&C
		Fecha	: 24 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLADO, REGIÓN DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
CALICATA	: C - 04	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
PRUEBA - EXP.	: PE - 01	NIVEL PRÁCTICO	: No indica
DOSIFICACIÓN	: 0% CENIZA	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: [Método A]
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (12)	PESO UNITARIO SECO	: 18.99 kN/m3
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 12.70 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		TIPO DE MARTILLO	: Manual
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-1	N-1	Q-1
NUMERO DE CAPAS	[ n° ]	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	[ n° ]	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	[ n° ]	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	[ n° ]	1	1	1
CONDICIONES DE LA MUESTRA	-	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR
		SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[ g ]	12524	12712	12693	12980	11103	11483
Masa del Molde	[ g ]	7960	7960	8344	8344	7018	7018
Masa del Suelo Humedo	[ g ]	4564	4752	4349	4636	4085	4465
Volumen del Suelo	[ cm3 ]	2112	2112	2119	2119	2130	2130
Densidad del Suelo Humedo	g/cm³	2.161	2.250	2.052	2.188	1.918	2.097
Capsula No	No	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capsula	[ g ]	48.47	71.74	46.88	71.39	51.15	67.06
Suelo Humedo + Capsula	[ g ]	285.27	357.93	385.88	374.95	490.30	362.78
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	258.72	316.49	347.72	325.01	442.01	311.00
Masa del Agua	[ g ]	26.55	41.44	38.16	49.94	48.29	51.78
Masa del Suelo Seco	[ g ]	210.25	244.75	300.84	253.62	390.86	243.94
% de Humedad	[ % ]	12.63%	16.93%	12.68%	19.69%	12.35%	21.23%
Promedio de Humedad	[ % ]	12.63%	16.93%	12.68%	19.69%	12.35%	21.23%
Densidad del Suelo Seco	g/cm³	1.918	1.924	1.821	1.828	1.707	1.729
Peso Unitario Seco	kN/m³	18.813	18.867	17.860	17.924	16.742	16.960

EXPANSIÓN												
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión		
				mm	%		mm	%		mm	%	
17/06/2023	14:45	0:00:00	222.00	0.00	0.00	188.00	0.00	0.00	662.00	0.00	0.00	
18/06/2023	14:45	24:00:00	278.50	1.44	1.13	264.00	1.93	1.52	765.80	2.64	2.08	
19/06/2023	14:45	48:00:00	304.00	2.08	1.64	298.50	2.81	2.21	811.60	3.80	2.99	
20/06/2023	14:45	72:00:00	348.00	3.20	2.52	355.50	4.25	3.35	850.00	4.78	3.76	
21/06/2023	14:45	96:00:00	353.00	3.33	2.62	346.50	4.03	3.17	866.00	5.18	4.08	

PENETRACION															
PENETRACION			Carga Estandar Kg-f/cm2 / Mpa	MOLDE No A-1				MOLDE No N-1				MOLDE No Q-1			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		14.1	0.73	0.07		11.2	0.58	0.06		7.1	0.37	0.04	
1.27	0.050	01:00		29.5	1.52	0.15		20.4	1.05	0.10		13.8	0.71	0.07	
1.90	0.075	01:30		45.3	2.34	0.23		28.3	1.46	0.14		20.8	1.07	0.11	
2.54	0.100	02:00		67.1	3.47	0.34	6.23	37.6	1.94	0.19	2.61	27.3	1.41	0.14	
3.17	0.125	02:30		88.3	4.56	0.45		47.2	2.44	0.24		32.6	1.68	0.17	
3.81	0.150	03:00		109.1	5.64	0.55		55.8	2.88	0.28		37.1	1.92	0.19	
5.08	0.200	04:00		148.3	7.66	0.75	8.02	73.1	3.78	0.37	3.57	44.0	2.27	0.22	
6.35	0.250	05:00		183.3	9.47	0.93		89.7	4.64	0.45		51.6	2.67	0.26	
7.62	0.300	06:00		212.1	10.96	1.07		103.6	5.35	0.52		59.1	3.05	0.30	
8.89	0.350	07:00		236.9	12.24	1.20		118.2	6.11	0.60		65.0	3.36	0.33	
10.16	0.400	08:00		260.1	13.44	1.32		130.8	6.7	0.66		70.8	3.65	0.36	
11.43	0.450	09:00		280.9	14.52	1.42		142.6	7.27	0.71		77.2	3.99	0.39	
12.70	0.500	10:00		302.9	15.65	1.54		154.9	8.1	0.79		84.0	4.29	0.42	

Observaciones: Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.  
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELMA 2182".

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

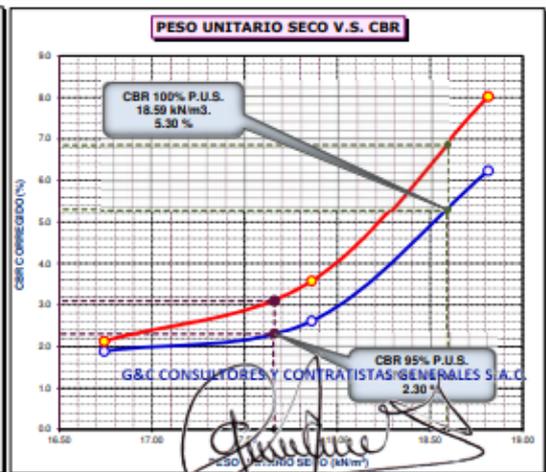
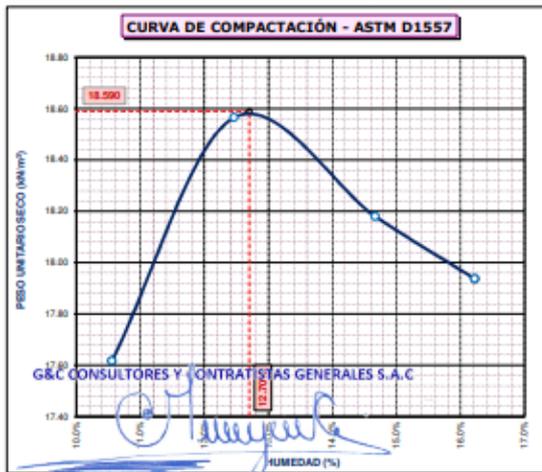
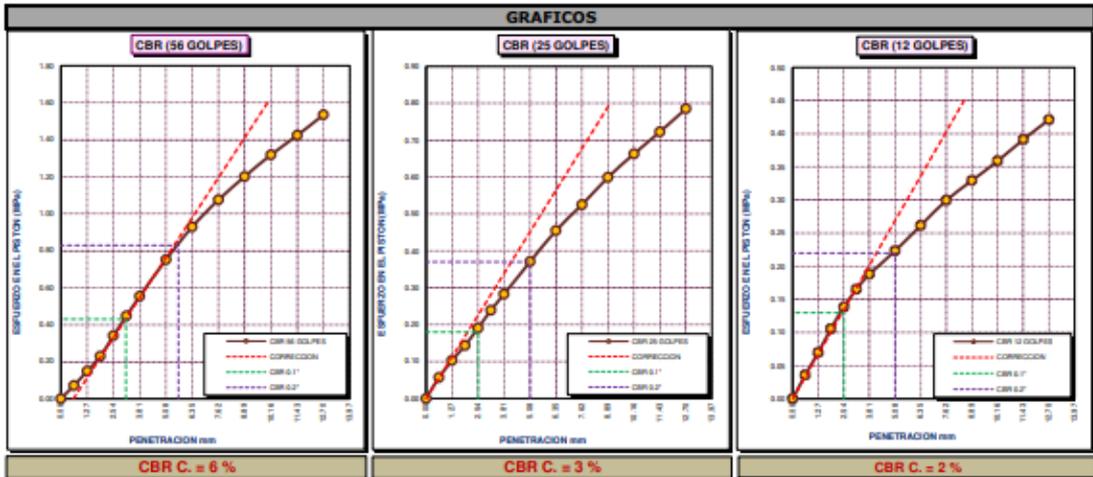
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-04:1-G&C
		Fecha : 24 de Junio del 2023

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO NATURAL	SOLICITANTE : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	COORDENADAS
CALICATA : C - 04		ESTE :
PRUEBA - EXP. : PE - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE :
DOSIFICACIÓN : 0% CENIZA	NIVEL FRÁTICO : No indica	COTA :

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) : CL	NORMATIVA : ASTM D1557-12(2021)	PESO UNITARIO SECO AL 100% : 18.59 kN/m <sup>3</sup>	
CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-6 (12)	METODO DE ENSAYO : [Método A]	PESO UNITARIO SECO AL 95% : 17.66 kN/m <sup>3</sup>	
DESCRIPCIÓN (SUCS) : Arcilla de baja plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)	HUMEDAD ÓPTIMA : 12.70 %	

CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1" %	5.30 %	CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2" %	6.85 %
CBR ( 95% DE M.D.S.) 0.1" %	2.30 %	CBR ( 95% DE M.D.S.) 0.2" %	3.10 %



**Observación:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.  
 Bach. LIC. MARY CARMEN YANA LONDORI  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



## LIMITE DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

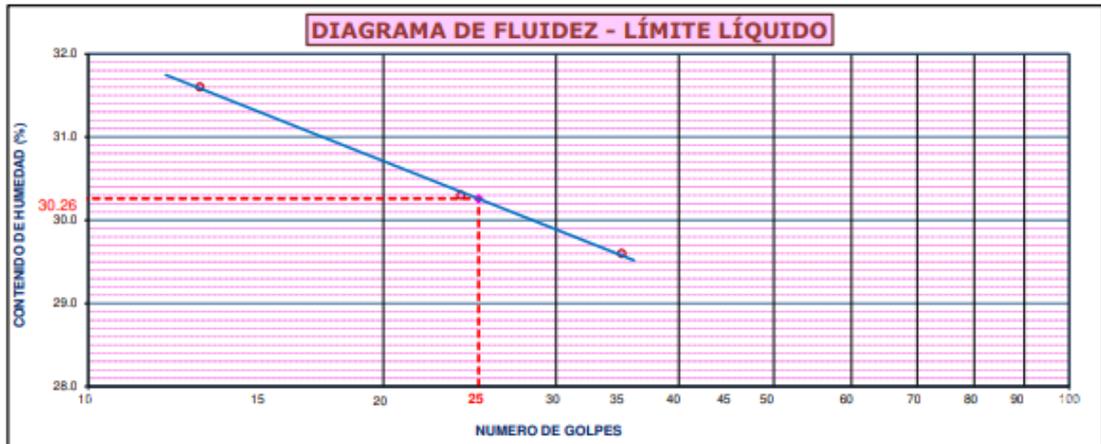
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023
<b>Registro N°</b>	: T_UCV_REL-06/23-04:2-G&C
<b>Fecha</b>	: 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 02		<b>ESTE</b> :
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>2% CENIZA</b>		<b>NORTE</b> :
		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>COTA</b> :
		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 21	LC - 22	LC - 23	
MASA DE LA TARA	[ g ]	47.34	43.07	48.17	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	66.59	62.53	62.53	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	61.97	58.00	59.25	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.62	4.53	3.28	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	14.63	14.93	11.08	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>31.6</b>	<b>30.3</b>	<b>29.6</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>[ n° ]</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 24	LC - 25		
MASA DE LA TARA	[ g ]	45.8	42.39		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	48.54	45.89		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.13	45.38		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.41	0.51		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.33	2.99		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>17.6</b>	<b>17.1</b>	<b>LP= 17.35</b>	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	30.00
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	17.00
<b>ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD</b>	13.00

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
 Y ENSAYO DE MATERIALES  
 UNI : 47136110

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT

(56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12(2021))

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO : CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-04:2-G&C
		<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 02	<b>ESTE</b> :
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>2% CENIZA</b>	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> :
		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica

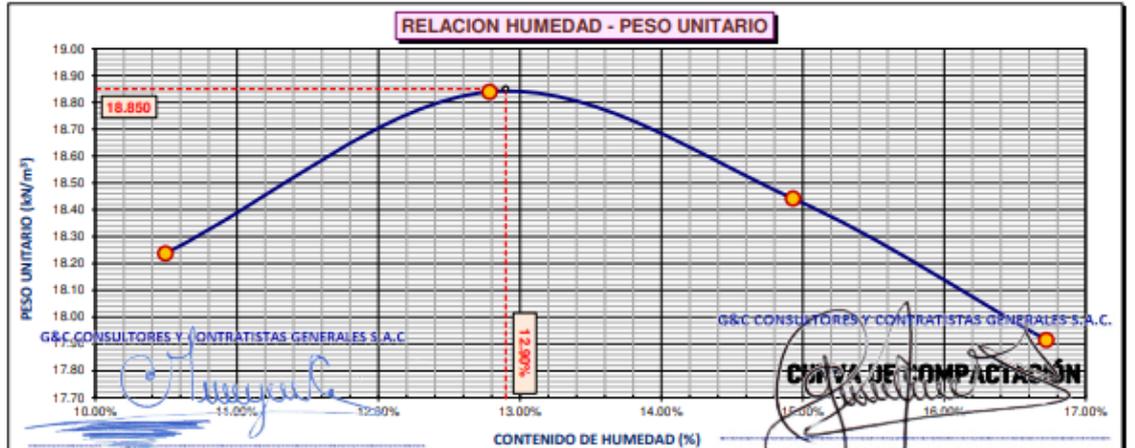
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: CL	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	<b>METODO DE ENSAYO</b> [Método A]
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-6 (10)	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	<b>No DE CAPAS</b> 5
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Arcilla de baja plasticidad	<b>% Ret. Tamiz N°4</b>	<b>GOLPES POR CAPA</b> 25

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	X - 05	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	930.00 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	3,978 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5889	5993	5988	5961
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3978	3978	3978	3978
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	1911	2015	2010	1983
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.055	2.167	2.161	2.132

Capsula No	No	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	47.70	45.84	47.35	46.73
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	293.64	301.14	298.75	276.80
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	270.28	272.20	266.09	243.84
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	23.36	28.94	32.66	32.96
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	222.58	226.36	218.74	197.11
<b>Humedad (%)</b>	%	10.50%	12.78%	14.93%	16.72%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	10.50%	12.78%	14.93%	16.72%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.860	1.921	1.881	1.827
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	18.24	18.84	18.44	17.91

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D1557-12(2021)	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	1.922 gr/cc	18.850 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	12.90 %	12.90 %



Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 Observaciones: Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable de la obra.  
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. DNI: 47136110  
 ING. ALEX LOPEZ GOMEZ CALLA  
 CIP: 209176



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

**STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)**

<b>TESTIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_REL-06/23-04-2-G&C
		<b>Fecha</b>	: 24 de Junio del 2023

<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 02	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>2% CENIZA</b>	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica
		<b>ESTE</b> :
		<b>NORTE</b> :
		<b>COTA</b> :

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		<b>DATOS PARA EL ENSAYO</b>	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: CL	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: [Método A]
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-6 (10)	<b>TIEMPO DE INHERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Arcilla de baja plasticidad	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual
		<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 18.85 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 12.90 %
		<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

<b>MOLDE No</b>	<b>COD.</b>	<b>A-2</b>	<b>N-2</b>	<b>Q-2</b>
<b>NUMERO DE CAPAS</b>	[ n° ]	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	[ n° ]	56	25	12
<b>N° SOBRECARGA CIRCULAR</b>	[ n° ]	1	1	1
<b>N° SOBRECARGA ANULAR</b>	[ n° ]	1	1	1
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	-	<b>SIN SUMERGIR</b>	<b>SUMERGIDO</b>	<b>SIN SUMERGIR</b>
				<b>SUMERGIDO</b>

<b>REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO</b>							
Masa Suelo Húmedo + Molde	[ g ]	12285	12478	12821	13114	12161	12545
Masa del Molde	[ g ]	7693	7693	8451	8451	8064	8064
Masa del Suelo Húmedo	[ g ]	4592	4785	4370	4663	4097	4481
Volumen del Suelo	[ cm <sup>3</sup> ]	2111	2111	2112	2112	2106	2106
<b>Densidad del Suelo Húmedo</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.175</b>	<b>2.267</b>	<b>2.069</b>	<b>2.207</b>	<b>1.946</b>	<b>2.128</b>
<b>Capsula No</b>	<b>No</b>	<b>PC - 7</b>	<b>PC - 8</b>	<b>PC - 9</b>	<b>PC - 10</b>	<b>PC - 11</b>	<b>PC - 12</b>
Masa de la Capsula	[ g ]	48.06	70.90	42.47	73.25	44.74	69.09
Suelo Húmedo + Capsula	[ g ]	394.07	336.84	440.82	389.00	306.87	354.85
Masa del Suelo Seco + Capsula	[ g ]	354.78	296.40	395.71	332.45	277.53	301.03
Masa del Agua	[ g ]	39.29	40.44	45.11	56.55	29.34	53.82
Masa del Suelo Seco	[ g ]	306.72	225.50	353.24	259.20	232.79	231.94
% de Humedad	[ % ]	12.81%	17.93%	12.77%	21.82%	12.60%	23.20%
<b>Promedio de Humedad</b>	<b>[ % ]</b>	<b>12.81%</b>	<b>17.93%</b>	<b>12.77%</b>	<b>21.82%</b>	<b>12.60%</b>	<b>23.20%</b>
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.928</b>	<b>1.922</b>	<b>1.834</b>	<b>1.812</b>	<b>1.728</b>	<b>1.727</b>
<b>Peso Unitario Seco</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	<b>18.910</b>	<b>18.849</b>	<b>17.990</b>	<b>17.770</b>	<b>16.944</b>	<b>16.938</b>

<b>EXPANSIÓN</b>											
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Dial</b>	<b>Expansión</b>		<b>Dial</b>	<b>Expansión</b>		<b>Dial</b>	<b>Expansión</b>	
				<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>%</b>
17/06/2023	15:00	0:00:00	672.00	0.00	0.00	202.00	0.00	0.00	181.50	0.00	0.00
18/06/2023	15:00	24:00:00	721.00	1.24	0.98	267.00	1.65	1.30	262.50	2.06	1.62
19/06/2023	15:00	48:00:00	729.50	1.46	1.15	279.00	1.96	1.54	293.50	2.84	2.24
20/06/2023	15:00	72:00:00	738.00	1.68	1.32	274.00	1.83	1.44	296.00	2.91	2.29
21/06/2023	15:00	96:00:00	750.00	1.98	1.56	305.50	2.63	2.07	299.50	3.00	2.36

<b>PENETRACIÓN</b>																
<b>mm</b>		<b>Pulg.</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Carga Estándar</b>	<b>MOLDE No A-2</b>				<b>MOLDE No N-2</b>				<b>MOLDE No Q-2</b>			
				<b>Kg-P/cm<sup>2</sup> / Mpa</b>	<b>LECTURA "Kg"</b>	<b>σ Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>σ Mpa</b>	<b>CBR Corr. (%)</b>	<b>LECTURA "Kg"</b>	<b>σ Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>σ Mpa</b>	<b>CBR Corr. (%)</b>	<b>LECTURA "Kg"</b>	<b>σ Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>σ Mpa</b>	<b>CBR Corr. (%)</b>
<b>0.00</b>	<b>0</b>	<b>00:00</b>			0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
<b>0.63</b>	<b>0.025</b>	<b>00:30</b>			17.9	0.93	0.09		11.9	0.61	0.06		8.8	0.45	0.04	
<b>1.27</b>	<b>0.050</b>	<b>01:00</b>			83.9	4.34	0.43		32.3	1.67	0.16		20.5	1.06	0.10	
<b>1.90</b>	<b>0.075</b>	<b>01:30</b>			145.5	7.52	0.74		62.4	3.22	0.32		37.3	1.93	0.19	
<b>2.54</b>	<b>0.100</b>	<b>02:00</b>			244.5	12.64	1.24	<b>25.36</b>	96.7	5.00	0.49	<b>9.86</b>	51.3	2.65	0.26	<b>4.35</b>
<b>3.17</b>	<b>0.125</b>	<b>02:30</b>			329.6	17.03	1.67		137.6	7.11	0.70		66.2	3.42	0.34	
<b>3.81</b>	<b>0.150</b>	<b>03:00</b>			412.4	21.31	2.09		169.3	8.75	0.86		79.1	4.09	0.40	
<b>5.08</b>	<b>0.200</b>	<b>04:00</b>			540.0	27.91	2.74	<b>28.99</b>	228.3	11.80	1.16	<b>12.56</b>	106.0	5.48	0.54	<b>5.51</b>
<b>6.35</b>	<b>0.250</b>	<b>05:00</b>			625.4	32.32	3.17		275.0	14.21	1.39		128.4	6.64	0.65	
<b>7.62</b>	<b>0.300</b>	<b>06:00</b>			698.6	36.10	3.54		316.5	16.36	1.60		149.5	7.73	0.76	
<b>8.89</b>	<b>0.350</b>	<b>07:00</b>			763.7	39.47	3.87		350.2	18.41	1.81		168.1	8.69	0.85	
<b>10.16</b>	<b>0.400</b>	<b>08:00</b>			820.2	42.39	4.16		390.1	20.00	1.98		186.6	9.50	0.95	
<b>11.43</b>	<b>0.450</b>	<b>09:00</b>			884.7	45.72	4.48		428.8	22.6	2.20		202.3	10.45	1.03	
<b>12.70</b>	<b>0.500</b>	<b>10:00</b>			955.7	49.39	4.84		465.5	24.26	2.37		211.3	11.43	1.12	

**Observación:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.  
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "C&C".

Bach. I.C. MARY CARMEN ESCOBAR LUPACA  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI: 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176

## ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)

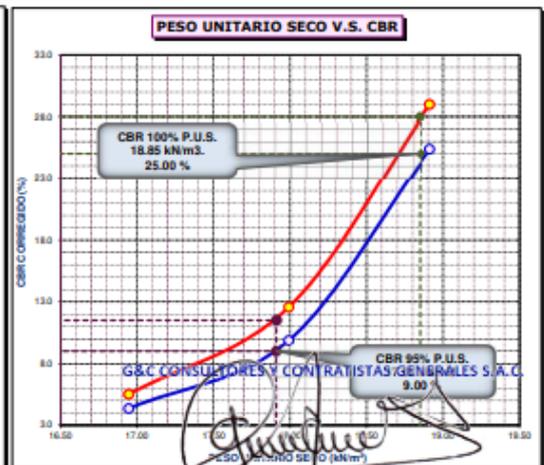
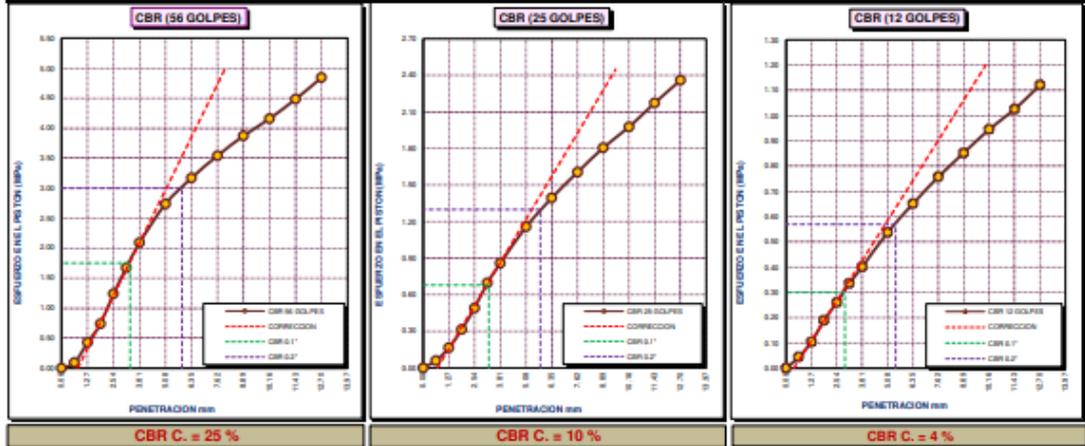
<b>TESIS</b> : MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-05/23-04:2-G&C
	Fecha : 24 de Junio del 2023

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b> : CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b> : C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b> : PE - 02		ESTE :
<b>DOSIFICACIÓN</b> : 2% CENIZA		NORTE :
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA :
	NIVEL FRÁTICO : No indica	

DATOS DE LA MUESTRA	DATOS PARA EL ENSAYO
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b> : CL	<b>NORMATIVA</b> : ASTM D1557-12(2021)
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b> : A-6 (10)	<b>METODO DE ENSAYO</b> : [Método A]
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b> : Arcilla de baja plasticidad	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b> : 4 Días (96 Horas)
	<b>PESO UNITARIO SECO AL 100%</b> : 18.85 kN/m <sup>3</sup>
	<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b> : 17.91 kN/m <sup>3</sup>
	<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b> : 12.90 %

CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1" %	25.00 %	CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2" %	28.00 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1" %	9.00 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2" %	11.50 %

### GRAFICOS



**Observación:** Los datos y los fueron proporcionados por el responsable del estudio.

TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI - 47136310
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40**

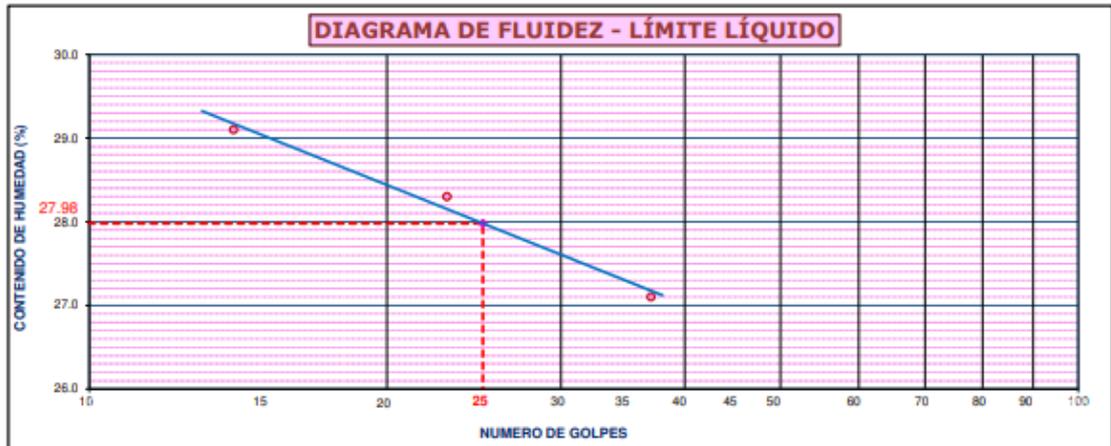
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-04:3-G&C
		Fecha : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 03		<b>ESTE</b> :
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>5% CENIZA</b>		<b>NORTE</b> :
	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>COTA</b> :	
	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica		

LÍMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 26	LC - 27	LC - 28	
MASA DE LA TARA	[ g ]	48.66	46.09	46.45	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	67.48	62.38	62.79	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	63.24	58.79	59.31	
MASA DE AGUA	[ g ]	4.24	3.59	3.48	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	14.58	12.7	12.86	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	[ % ]	<b>29.1</b>	<b>28.3</b>	<b>27.1</b>	
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	[ n° ]	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>37</b>	

LÍMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 29	LC - 30		
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.52	46.61		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	50.04	50.11		
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	49.54	49.62		
MASA DE AGUA	[ g ]	0.50	0.49		
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	3.02	3.01		
<b>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</b>	[ % ]	<b>16.6</b>	<b>16.3</b>	<b>LP= 16.45</b>	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LIQUIDO	28.00
LÍMITE PLASTICO	16.00
INDICE DE PLASTICIDAD	12.00

Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
UNI: 47136110

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT

(56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12(2021))

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO : CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-04:3-G&C
		<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES		
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR
<b>CALICATA</b>	: C - 04	LUPACA
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 03	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>5% CENIZA</b>	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica
		<b>COORDENADAS</b>
		<b>ESTE</b> : 3978
		<b>NORTE</b> : 3978
		<b>COTA</b> : 3978

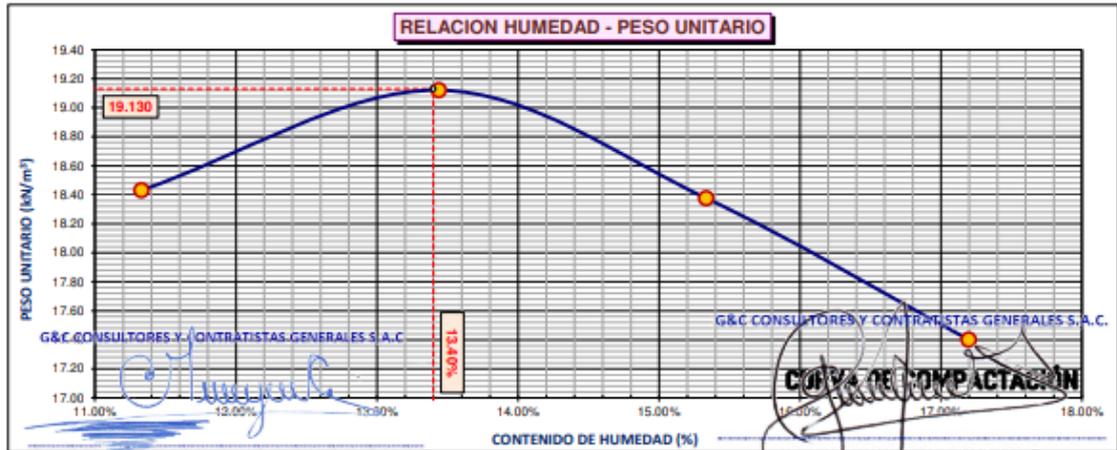
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: CL	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b>	: METODO DE ENSAYO [Método A]
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-6 (9)	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b>	: 1.29 %
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Arcilla de baja plasticidad	<b>% Ret. Tamiz N°4</b>	: 2.49 %
		<b>NO DE CAPAS</b>	: 5
		<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 25

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	: X - 05	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 930.00 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	: 3,978 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5924	6035	5988	5912
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3978	3978	3978	3978
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	[ g ]	1946	2057	2010	1934
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.092	2.212	2.161	2.080

Capsula No	No	TP-09	TP-10	TP-11	TP-12
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	48.48	47.45	45.44	44.61
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	305.64	321.97	247.31	307.47
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	[ g ]	279.47	289.45	220.47	268.90
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	26.17	32.52	26.84	38.57
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	230.99	242.00	175.03	224.29
<b>Humedad (%)</b>	%	11.33%	13.44%	15.33%	17.20%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	11.33%	13.44%	15.33%	17.20%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	[ g/cm <sup>3</sup> ]	1.880	1.950	1.874	1.774
<b>Peso Unitario Seco</b>	[ kN/m <sup>3</sup> ]	18.43	19.12	18.38	17.40

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	: ASTM D1557-12(2021)	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.951 gr/cc	: 19.130 kN/m <sup>3</sup>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 13.40 %	: 13.40 %



**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable de la obra. **ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA**  
 Bach. I. C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176  
 UNI - 47136110

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**  
**STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)**

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUIT - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	: T_UCV_REL-06/23-04:3-G&C
		<b>Fecha</b>	: 24 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUIT - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 03	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>5% CENIZA</b>	<b>NIVEL FRÁTICO</b>	: No indica
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: CL	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: [Método A]
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-6 (9)	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Arcilla de baja plasticidad	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.13 kN/m3
		<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 13.40 %
		<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-3	N-3	Q-3
<b>NUMERO DE CAPAS</b>	[ n° ]	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	[ n° ]	56	25	12
<b>N° SOBRECARGA CIRCULAR</b>	[ n° ]	1	1	1
<b>N° SOBRECARGA ANULAR</b>	[ n° ]	1	1	1

CONDICIONES DE LA MUESTRA							
		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
<b>Masa Suelo Húmedo + Molde</b>	[ g ]	12933	13140	11538	11804	12526	12887
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	8233	8233	6988	6988	8248	8248
<b>Masa del Suelo Húmedo</b>	[ g ]	4700	4907	4550	4816	4278	4639
<b>Volumen del Suelo</b>	[ cm3 ]	2121	2121	2122	2122	2122	2122
<b>Densidad del Suelo Húmedo</b>	g/cm³	2.216	2.314	2.145	2.270	2.016	2.186

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Capsula No	No	PC - 13	PC - 14	PC - 15	PC - 16	PC - 17	PC - 18
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	48.93	69.72	48.01	71.16	48.36	71.49
<b>Suelo Húmedo + Capsula</b>	[ g ]	415.12	339.92	506.52	347.16	544.97	417.08
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	372.49	300.30	451.82	301.45	485.89	356.09
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	42.63	39.62	54.70	45.71	59.08	60.99
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	323.56	230.58	403.81	230.29	437.53	284.60
<b>% de Humedad</b>	[ % ]	13.18%	17.18%	13.55%	19.85%	13.50%	21.43%
<b>Promedio de Humedad</b>	[ % ]	13.18%	17.18%	13.55%	19.85%	13.50%	21.43%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm³	1.958	1.975	1.889	1.894	1.776	1.800
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m³	19.203	19.363	18.522	18.574	17.415	17.651

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/06/2023	15:20	0:00:00	530.00	0.00	0.00	643.50	0.00	0.00	355.50	0.00	0.00
18/06/2023	15:20	24:00:00	550.00	0.51	0.40	670.50	0.69	0.54	395.50	1.02	0.80
19/06/2023	15:20	48:00:00	566.00	0.91	0.72	691.50	1.22	0.96	424.00	1.74	1.37
20/06/2023	15:20	72:00:00	568.00	0.97	0.76	694.00	1.28	1.01	427.50	1.83	1.44
21/06/2023	15:20	96:00:00	569.00	0.99	0.78	696.00	1.33	1.05	429.00	1.87	1.47

PENETRACION															
PENETRACION			Carga Estandar Kg-f/cm2 / Mpa	MOLDE No A-3				MOLDE No N-3				MOLDE No Q-3			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30	70.31 / 6.9	108.8	5.62	0.55	54.6	2.82	0.28	26.09	38.8	2.01	0.20		
1.27	0.050	01:00		302.7	15.64	1.53	137.0	7.08	0.69		80.9	4.18	0.41		
1.90	0.075	01:30		504.2	26.06	2.56	240.1	12.41	1.22		120.1	6.21	0.61		
2.54	0.100	02:00		671.5	34.70	3.40	52.17	322.6	16.67	1.64	150.4	7.77	0.76	11.16	
3.17	0.125	02:30		801.0	41.40	4.06		394.0	20.36	2.00	175.2	9.05	0.89		
3.81	0.150	03:00		890.3	46.01	4.51		454.1	23.47	2.30	195.1	10.08	0.99		
5.08	0.200	04:00		983.7	50.84	4.99	49.28	541.9	28.01	2.75	27.05	235.1	12.15	1.19	11.59
6.35	0.250	05:00		1054.1	54.48	5.34		597.0	30.85	3.03	267.3	13.81	1.35		
7.62	0.300	06:00		1115.0	57.62	5.65		650.4	33.61	3.33	299.1	15.46	1.52		
8.89	0.350	07:00		1196.2	61.82	6.06		709.1	36.65	3.59	326.5	16.98	1.66		
10.16	0.400	08:00		1279.5	66.12	6.48		751.1	38.92	3.81	351.1	18.22	1.78		
11.43	0.450	09:00		1341.4	69.32	6.80		801.0	41.40	4.06	381.5	19.72	1.93		
12.70	0.500	10:00		1396.8	72.19	7.08		844.8	43.66	4.28	404.0	20.93	2.05		

**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.  
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza.

Bach. L.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310

ING. ALEX TUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

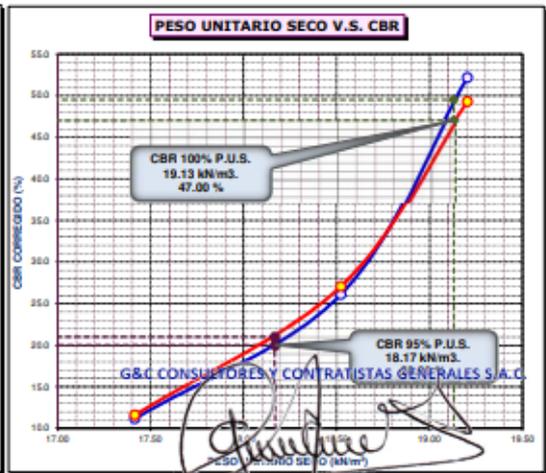
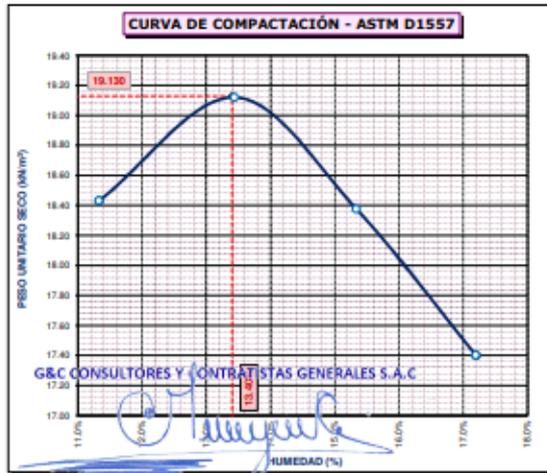
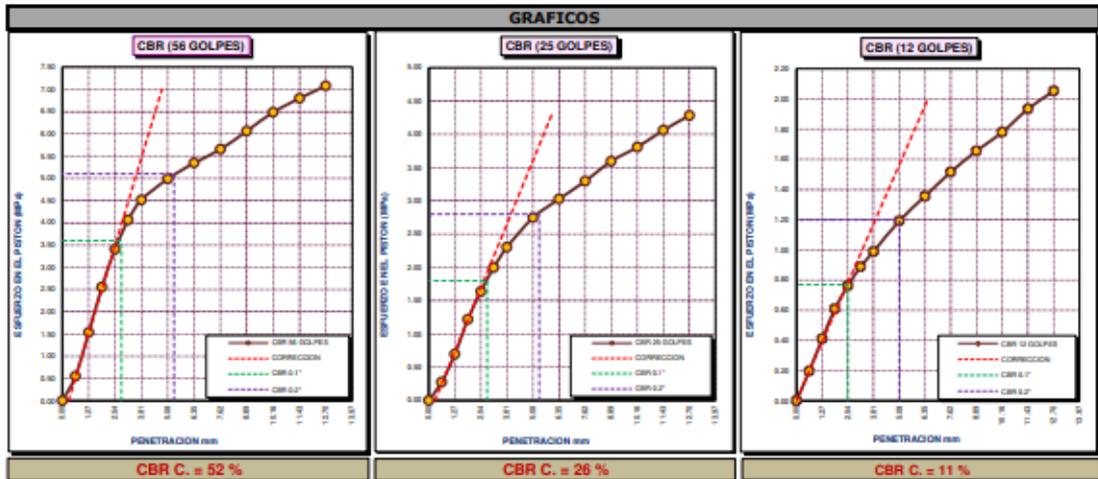
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	<b>Registro N°</b>	T_UCV_REL-06/23-04:3-G&C
		<b>Fecha</b>	24 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b>	Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALICATA</b>	C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	PE - 03	<b>ESTE</b>	
<b>DOSIFICACIÓN</b>	5% CENIZA	<b>NORTE</b>	
		<b>COTA</b>	
		<b>TAMANO MÁXIMO</b>	1/2 in.
		<b>NIVEL FRÁTICO</b>	No Indica

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	CL	<b>NORMATIVA</b>	ASTM D1557-12(2021)
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	A-6 (9)	<b>METODO DE ENSAYO</b>	[Método A]
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	Arcilla de baja plasticidad	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 100%</b>	19.13 kN/m3
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	18.17 kN/m3
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	13.40 %

<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>47.00 %</b>	<b>CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>49.50 %</b>
<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"</b>	%	<b>20.00 %</b>	<b>CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"</b>	%	<b>21.00 %</b>



**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136310  
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



## LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

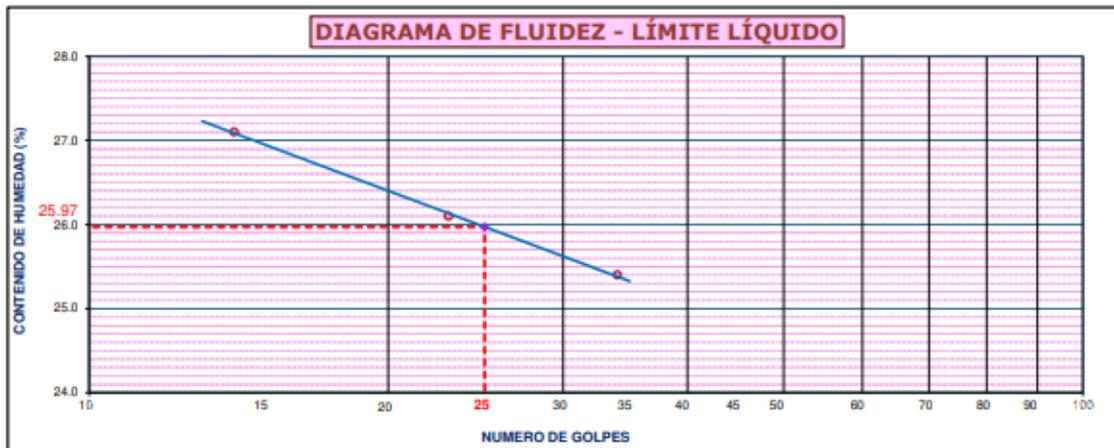
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023
	<b>Registro N°</b> : T_UCV_REL-06/23-04:4-G&C
	<b>Fecha</b> : 14 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA	
<b>CALICATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 04		<b>ESTE</b> :
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>8% CENIZA</b>		<b>NORTE</b> :
		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>COTA</b> :
		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA	[ n° ]	LC - 31	LC - 32	LC - 33
MASA DE LA TARA	[ g ]	47.18	46.82	48.69
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	63.37	61.22	67.37
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	59.92	58.24	63.59
MASA DE AGUA	[ g ]	3.45	2.98	3.78
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	12.74	11.42	14.9
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>27.1</b>	<b>26.1</b>	<b>25.4</b>
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	<b>[ n° ]</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>34</b>

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nro. DE TARA		LC - 34	LC - 35	
MASA DE LA TARA	[ g ]	46.46	46.24	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[ g ]	49.35	48.62	
MASA TARA + SUELO SECO	[ g ]	48.95	48.30	
MASA DE AGUA	[ g ]	0.40	0.32	
MASA DEL SUELO SECO	[ g ]	2.49	2.06	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>[ % ]</b>	<b>16.1</b>	<b>15.5</b>	<b>LP= 15.8</b>



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	26.00
LÍMITE PLÁSTICO	16.00
INDICE DE PLASTICIDAD	10.00

Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY  
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 DNI : 47136110

OBSERVACIONES
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable el estudio.

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
 CIP: 209176



## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT

(56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)) (ASTM D 1557-12(2021))

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO : CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO, 2023	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-04:4-G&C
		Fecha : 14 de Junio del 2023

### DATOS GENERALES

<b>UBICACIÓN</b> : CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b> : SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR	<b>COORDENADAS</b>
<b>CALICATA</b> : C - 04	LUPACA	<b>ESTE</b> : 3978
<b>PRUEBA - EXP.</b> : PE - 04	<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.	<b>NORTE</b> : 3978
<b>DOSIFICACIÓN</b> : 8% CENIZA	<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica	<b>COTA</b> : 3978

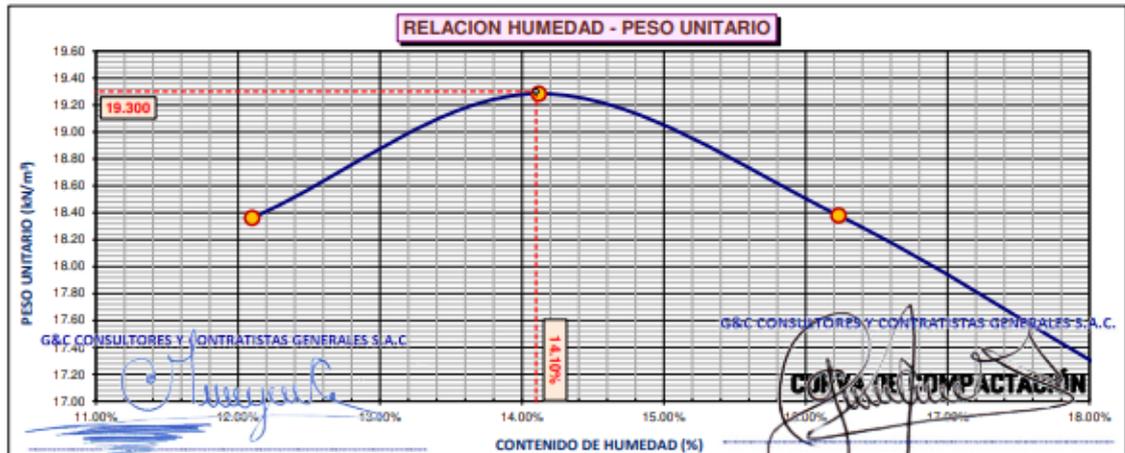
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b> :	CL	<b>% Ret. Tamiz 3/4"</b> :	METODO DE ENSAYO [Método A]
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b> :	A-4 (7)	<b>% Ret. Tamiz 3/8"</b> :	No DE CAPAS 5
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b> :	Arcilla de baja plasticidad	<b>% Ret. Tamiz N°4</b> :	GOLPES POR CAPA 25

EQUIPO EMPLEADO			
<b>MOLDE No</b>	X - 05	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	930.00 cm <sup>3</sup>
<b>MASA DEL MOLDE</b>	3,978 g.	<b>TIPO DE MARTILLO</b>	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
<b>Masa Suelo Humedo + Molde</b>	[ g ]	5930	6065	6004	5902
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	3978	3978	3978	3978
<b>Masa del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	1952	2087	2026	1924
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.099	2.244	2.178	2.069

	No	TP-13	TP-14	TP-15	TP-16
<b>Capsula No</b>					
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	61.15	60.30	58.22	57.79
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	[ g ]	416.99	380.60	359.85	405.91
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	378.58	340.97	317.73	352.21
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	38.41	39.63	42.12	53.70
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	317.43	280.67	259.51	294.42
<b>Humedad (%)</b>	%	12.10%	14.12%	16.23%	18.24%
<b>Promedio de Humedad (%)</b>	%	12.10%	14.12%	16.23%	18.24%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.872	1.966	1.874	1.750
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	18.36	19.28	18.38	17.16

<b>PROCTOR MODIFICADO</b> : ASTM D1557-12(2021)	<b>PESO UNITARIO SECO</b> : 1.968 gr/cc	<b>19.300 kN/m<sup>3</sup></b>
<b>MET. DE PREPARACIÓN</b> : Húmedo	<b>HUMEDAD OPTIMA</b> : 14.10 %	<b>14.10 %</b>



**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable de la obra. **ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA**  
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

**STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)**

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUIYO, PUNO, 2023	Registro N°	: T_UCV_REL-06/23-04:4-G&C
		Fecha	: 24 de Junio del 2023

<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>UBICACIÓN</b>	: CARRETERA CHASQUI - PILCUIYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	: SUELO TRATADO	<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>CALCATA</b>	: C - 04	<b>COORDENADAS</b>	
<b>PRUEBA - EXP.</b>	: PE - 04	<b>TAMANO MÁXIMO</b>	: 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	: <b>8% CENIZA</b>	<b>NIVEL FRÁTICO</b>	: No indica
		<b>ESTE</b>	:
		<b>NORTE</b>	:
		<b>COTA</b>	:

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		<b>DATOS PARA EL ENSAYO</b>	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	: CL	<b>METODO DE ENSAYO</b>	: [Método A]
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	: A-4 (7)	<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 19.30 kN/m <sup>3</sup>
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	: Arcilla de baja plasticidad	<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	: 14.10 %
		<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	: 4 Días (96 Horas)
		<b>TIPO DE MARTILLO</b>	: Manual
		<b>MET. DE PREPARACIÓN</b>	: Húmedo

<b>MOLDE No</b>	<b>cod.</b>	<b>A-4</b>	<b>N-4</b>	<b>Q-4</b>
<b>NUMERO DE CAPAS</b>	[ n° ]	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	[ n° ]	56	25	12
<b>N° SOBRECARGA CIRCULAR</b>	[ n° ]	1	1	1
<b>N° SOBRECARGA ANULAR</b>	[ n° ]	1	1	1
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	-	<b>SIN SUMERGIR</b>	<b>SUMERGIDO</b>	<b>SIN SUMERGIR</b>
		<b>SUMERGIDO</b>	<b>SIN SUMERGIR</b>	<b>SUMERGIDO</b>

<b>REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO</b>							
<b>Masa Suelo Húmedo + Molde</b>	[ g ]	13361	13572	12160	12459	12048	12403
<b>Masa del Molde</b>	[ g ]	8549	8549	7599	7599	7651	7651
<b>Masa del Suelo Húmedo</b>	[ g ]	4812	5023	4561	4860	4397	4752
<b>Volumen del Suelo</b>	[ cm <sup>3</sup> ]	2120	2120	2126	2126	2124	2124
<b>Densidad del Suelo Húmedo</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.270	2.369	2.145	2.286	2.070	2.237
<b>Capsula No</b>	<b>No</b>	<b>PC - 19</b>	<b>PC - 20</b>	<b>PC - 21</b>	<b>PC - 22</b>	<b>PC - 23</b>	<b>PC - 24</b>
<b>Masa de la Capsula</b>	[ g ]	45.34	34.40	51.28	38.87	42.61	69.13
<b>Suelo Húmedo + Capsula</b>	[ g ]	454.63	274.19	509.77	249.76	548.09	392.07
<b>Masa del Suelo Seco + Capsula</b>	[ g ]	404.00	234.87	453.24	213.07	485.37	328.82
<b>Masa del Agua</b>	[ g ]	50.63	39.32	56.53	36.69	62.72	63.25
<b>Masa del Suelo Seco</b>	[ g ]	358.66	200.47	401.96	174.20	442.76	259.69
<b>% de Humedad</b>	[ % ]	14.12%	19.61%	14.06%	21.06%	14.17%	24.36%
<b>Promedio de Humedad</b>	[ % ]	14.12%	19.61%	14.06%	21.06%	14.17%	24.36%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	g/cm <sup>3</sup>	1.989	1.961	1.880	1.886	1.813	1.799
<b>Peso Unitario Seco</b>	kN/m <sup>3</sup>	19.504	19.423	18.441	18.514	17.779	17.640

<b>EXPANSIÓN</b>											
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Dial</b>	<b>Expansión</b>		<b>Dial</b>	<b>Expansión</b>		<b>Dial</b>	<b>Expansión</b>	
				<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>%</b>		<b>mm</b>	<b>%</b>
17/06/2023	15:40	0:00:00	590.00	0.00	0.00	750.00	0.00	0.00	610.00	0.00	0.00
18/06/2023	15:40	24:00:00	612.50	0.57	0.45	780.50	0.77	0.61	648.00	0.97	0.76
19/06/2023	15:40	48:00:00	630.50	1.03	0.81	803.50	1.36	1.07	669.50	1.51	1.19
20/06/2023	15:40	72:00:00	638.00	1.22	0.96	806.50	1.44	1.13	671.50	1.56	1.23
21/06/2023	15:40	96:00:00	643.00	1.35	1.06	809.50	1.51	1.19	674.00	1.63	1.28

<b>PENETRACIÓN</b>														
<b>PENETRACIÓN</b>		<b>Tiempo</b>	<b>Carga Estandar Kg-F/cm<sup>2</sup> / Mpa</b>	<b>MOLDE No A-4</b>			<b>MOLDE No N-4</b>			<b>MOLDE No Q-4</b>				
<b>mm</b>	<b>Pulg.</b>			<b>LECTURA "Kg"</b>	<b>σ Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>σ Mpa</b>	<b>CBR Corr. (%)</b>	<b>LECTURA "Kg"</b>	<b>σ Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>σ Mpa</b>	<b>CBR Corr. (%)</b>	<b>LECTURA "Kg"</b>	<b>σ Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>σ Mpa</b>
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		82.8	4.28	0.42	65.9	3.41	0.33	36.7	1.90	0.19		
1.27	0.050	01:00		231.8	11.98	1.17	153.7	7.94	0.78	104.7	5.41	0.53		
1.90	0.075	01:30		388.3	20.07	1.97	286.5	14.81	1.45	173.7	8.98	0.88		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	532.2	27.50	2.70	43.48	369.5	19.10	1.87	30.43	228.9	11.83	1.16
3.17	0.125	02:30		629.9	32.55	3.19		439.5	22.71	2.23		271.5	14.03	1.38
3.81	0.150	03:00		682.2	35.26	3.46		464.6	24.01	2.35		300.7	15.54	1.52
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.33	779.0	40.26	3.95	39.61	520.7	26.91	2.64	26.57	344.6	17.81	1.75
6.35	0.250	05:00		864.7	44.69	4.38		569.2	29.42	2.88		380.5	19.66	1.93
7.62	0.300	06:00		952.1	49.20	4.83		625.4	32.32	3.16		415.8	21.49	2.11
8.89	0.350	07:00		1059.7	54.76	5.37		675.3	34.91	3.42		443.6	23.03	2.26
10.16	0.400	08:00		1152.1	59.54	5.84		725.5	37.49	3.68		466.2	24.69	2.36
11.43	0.450	09:00		1235.0	63.82	6.26		781.9	40.11	3.92		490.4	25.39	2.49
12.70	0.500	10:00		1301.9	67.28	6.60		834.5	43.03	4.16		511.9	26.44	2.59

**Observación:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

**Bach. I.C. MARY CARMEN YANA CONDORY** TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES DNI: 47136310

**ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA** JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES CIP: 209176



**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)**

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS ( ASTM D 1883 - 21)

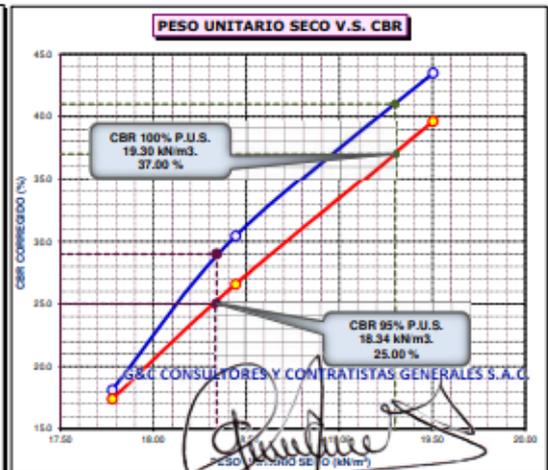
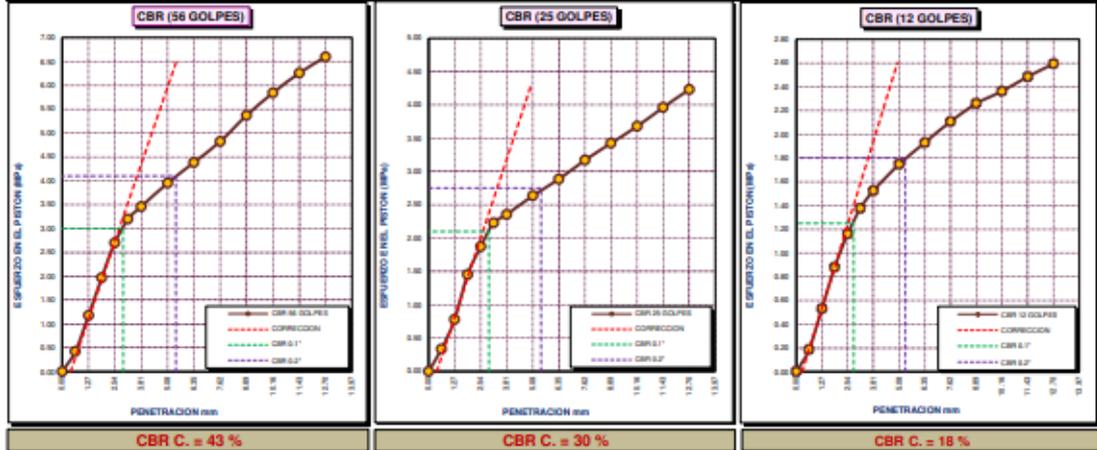
<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO	Registro N° : T_UCV_REL-06/23-04:4-G&C
		Fecha : 24 de Junio del 2023

DATOS GENERALES			
<b>UBICACIÓN</b>	CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN DE PUNO		
<b>PROCEDENCIA</b>	SUELO TRATADO	<b>COORDENADAS</b> ESTE : NORTE : COTA :	
<b>CALICATA</b>	C - 04		<b>SOLICITANTE</b> : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA
<b>PRUEBA - EXP.</b>	PE - 04		<b>TAMANO MÁXIMO</b> : 1/2 in.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	8% CENIZA		<b>NIVEL FRÁTICO</b> : No indica

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
<b>CLASIFICACIÓN (SUCS)</b>	CL	<b>NORMATIVA</b>	ASTM D1557-12(2021)
<b>CLASIFICACIÓN (AASHTO)</b>	A-4 (7)	<b>METODO DE ENSAYO</b>	[Método A]
<b>DESCRIPCIÓN (SUCS)</b>	Arcilla de baja plasticidad	<b>TIEMPO DE INMERSIÓN</b>	4 Días (96 Horas)
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 100%</b>	19.30 kN/m <sup>3</sup>
		<b>PESO UNITARIO SECO AL 95%</b>	18.34 kN/m <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	14.10 %

CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.1"	%	37.00 %	CBR ( 100% DE M.D.S.) 0.2"	%	41.00 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	25.00 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	29.00 %

**GRAFICOS**



**Observaciones:** Las muestras y datos fueron proporcionados por el responsable del estudio.

MARY CARMEN VANA CONDOCHA  
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
DNI : 47136310

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA  
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES  
CIP: 209176

# CERTIFICADO DEL ANALISIS QUIMICO DE LA CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



FIQ Nro LQ - 2023

Nº 002087

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Químico de CENIZA DE RESIDUOS DE HABAS

PROCEDENCIA : PILCUYO - PROVINCIA DE EL COLLAO - ILAVE  
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE SUELOS DE LA SUBRASANTE INCORPORADO CENIZA DE RESIDUO DE HABAS EN LA CARRETERA CHASQUI - PILCUYO, PUNO 2023  
INTERESADO : Bach. ROMARIO ESCOBAR LUPACA  
MOTIVO : ANALISIS DE CENIZA  
MUESTREO : 06/06/2023, por el interesado  
ANÁLISIS : 06/06/2023  
COD. MUESTRA : B009-000429

### CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADOS
1.- Contenido de humedad	%	0.22
2.- Perdida de calcinación	%	86.71
3.- Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>	435.33
4.- Materia orgánica	%	86.71
5.- Óxido de hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2.53
6.- Dióxido de silicio SiO <sub>2</sub>	%	72.53
7.- Trióxido de Aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2.23
8.- Oxido de calcio CaO	%	3.06
9.- Oxido de magnesio MgO	%	0.32

Puno, C.U. 27 de junio del 2023.

VºBº

  
ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIQ - UNA - CIP - 182393



  
Walter B. Apaza Aragón, Ph.D.  
DECANO FIQ - UNA

Anexo 5. Certificado de calibración del equipo

**CALIBRATEC S.A.C.**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

---

**INFORME DE VERIFICACIÓN**  
**CA-IV-049-2023**

Página 1 de 3

---

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 10 (2 mm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	64157
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

---

Fecha de Emisión  
**2023-03-30**

 Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:03:25-0500

**Jefe del Laboratorio**



---

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

## 7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

## 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

## 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

## 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

## 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	$+X$ Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
0,60	0,18	1,96	0,91

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 10 es de  $\pm 0.065$  mm.

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 10 es de 0.23 mm.

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 10 es de 2.23 mm.

**Nota 4.-** El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 10 es de  $0.9 \pm 0.13$  mm.

Fin del Documento

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-050-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 40 (425 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	65822
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:03:12-0500



Jefe del Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☑ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
☑ ventascalibratec@gmail.com  
☑ CALIBRATEC SAC

**6. Método de Verificación**

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

**7. Lugar de Verificación**

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

## 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio ( $\mu\text{m}$ )	+ X Variación máxima de abertura ( $\mu\text{m}$ )	Resultando Abertura Máxima Individual ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de alambre Típica (mm)
12,64	69,61	451,51	0,27

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 40 es de  $\pm 15.5 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 40 es de  $81 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 40 es de  $506 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de No. 40 es de  $0.28 \pm 0.04 \text{ mm}$ .

Fin del Documento

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-051-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 60 (250 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	65846
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/04/2023 10:02:56-0500



Jefe del Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

## 7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

## 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

## 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

## 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

#### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio ( $\mu\text{m}$ )	+ X Variación máxima de abertura ( $\mu\text{m}$ )	Resultando Abertura Máxima Individual ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de alambre Típica (mm)
7,87	46,55	285,38	0,15

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 60 es de  $\pm 9.9 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 60 es de  $58 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 60 es de  $308 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de No. 60 es de  $0.16 \pm 0.03 \text{ mm}$ .

Fin del Documento

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

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

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-052-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 100 (150 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	67119
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/04/2023 10:02:41-0500



Jefe del Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

## 7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

## 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,0 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	53%	53%

## 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

## 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

## 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio ( $\mu\text{m}$ )	$+ X$ Variación máxima de abertura ( $\mu\text{m}$ )	Resultando Abertura Máxima Individual ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de alambre Típica (mm)
5,29	32,33	158,65	0,11

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 100 es de  $\pm 6.6 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 100 es de  $43 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 100 es de  $193 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diametro del alambre del tamiz de No. 100 es de  $0.1 \pm 0.015 \text{ mm}$ .

Fin del Documento

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-053-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 140 (106 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	93369
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817546 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/04/2023 10:02:28-0500



Jefe del Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

## 7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

## 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,0 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	51%	52%

## 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

## 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

## 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

± Y Variación de abertura Promedio ( $\mu\text{m}$ )	+ X Variación máxima de abertura ( $\mu\text{m}$ )	Resultando Abertura Máxima Individual ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de alambre Típica (mm)
4,26	29,87	121,51	0,07

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 140 es de  $\pm 5.2 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 140 es de  $35 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 140 es de  $141 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de No. 140 es de  $0.071 \pm 0.011 \text{ mm}$ .

Fin del Documento

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

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

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA-IV-054-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO
Diametro	8 pulgadas
Designación	No.200 (75 µm)
Marca	GRANOTEST
Número de serie	66950
Procedencia	Colombia
Identificación	No indica
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/04/2023 10:02:14-0500



Jefe del Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## 6. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-20 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

## 7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

## 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,0 °C	15,0 °C
Humedad Relativa	51%	52%

## 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	CINTA MÉTRICA 3 m MARCA: STANLEY	1AD-0849-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	1AT-1704-2022
DM-INACAL	RETÍCULA DE MEDICIÓN	LLA-022-2022

## 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones

## 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio ( $\mu\text{m}$ )	+X Variación máxima de abertura ( $\mu\text{m}$ )	Resultando Abertura Máxima Individual ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro de alambre Típica (mm)
2,98	15,48	89,32	0,05

**Nota 1.-** La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No.200 es de  $\pm 4.1 \mu\text{m}$ .

**Nota 2.-** La variación máxima de abertura permitida para tamices de No.200 es de  $29 \mu\text{m}$ .

**Nota 3.-** El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No.200 es de  $104 \mu\text{m}$ .

**Nota 4.-** El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de No.200 es de  $0.05 \pm 0.007 \text{ mm}$ .

Fin del Documento

## INFORME DE VERIFICACION CA-IV-057-2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0327
2. Solicitante	G & C CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
4. Instrumento de medición	EQUIPO DE LÍMITE LÍQUIDO (Cazuela Casagrande)
Marca	HUMBOLTD
Modelo	No indica
Número de Serie	No indica
Tipo	Analógico
Código de identificación	CI-0083 (*)
5. Fecha de Verificación	2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-29



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/04/2023 11:25:18-0500



Jefe de Laboratorio

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## 6. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

## 7. Lugar de Verificación

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

## 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,3 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	53 %	53 %

## 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	PIE DE REY DIGITAL de 200 mm MARCA: INSIZE	1AD-0845-2022
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

## 10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICACIÓN**.

(\*) Código asignado por CALIBRATEC S.A.C. e identificado en una etiqueta adherida al instrumento.

## 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

### DIMENSIONES DE LA BASE

Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
49,80	150,20	124,90

### HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO		
Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10,00	2,18	13,30

### DIMENSIONES DE LA COPA

Diámetro de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Profundidad de la copa (mm)
93,24	2,01	26,55

Fin del Documento

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

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

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 5

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Expediente 0327</li> <li>2. Solicitante G &amp; C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.</li> <li>3. Dirección AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.</li> <li>4. Instrumento calibrado PIE DE REY (VERNIER)</li> </ol> <p> <b>Marca</b> MITUTOYO  <b>Modelo</b> CD-12 CSX  <b>N° de serie</b> 07415251  <b>Identificación</b> No indica  <b>Procedencia</b> Japón  <b>Intervalo de indicación</b> 0 mm a 300 mm  <b>Resolución</b> 0,01 mm  <b>Tipo de indicación</b> Digital         </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Fecha de calibración 2023 - 03 - 24</li> </ol>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	--

**Fecha de Emisión**

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:35:03-0500



**Jefe de Laboratorio**

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 5

### 6. Método de calibración

La Calibración se efectuó por comparación directa entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el PC-012, Edición 5 " Procedimiento de Calibración de Pie de Rey "del SNM-INDECOPI.

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

### 8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	14.9 °C	14.9 °C
Humedad relativa	53 %	53 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Bloques patrón de Longitud de grado 0	LLA-C-053-2022
METROIL	Termohigrómetro Digital BOECO	1AT-1704-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- N° de serie grabado en el instrumento.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 5

### 11. Resultados de medición

Error de referencia inicial ( I ) = 0,00  $\mu\text{m}$

#### Error de indicación del pie de rey para medición de exteriores

Valor patrón ( mm )	Indicación promedio del Pie de Rey ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
9.999	10.009	10
19.999	20.009	10
39.998	39.998	0
79.995	80.005	10
99.994	100.004	10
149.991	150.001	10
199.989	199.989	0

#### Error de contacto de la superficie parcial ( E )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
39.998	0

#### Error de repetibilidad ( R )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
39.998	20

#### Error de cambio de escala de exteriores a interiores ( $S_{E1}$ )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
9.999	0

#### Error de cambio de escala de exteriores a profundidad ( $S_{E2}$ )

Valor patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
9.999	0

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-004-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 4 de 5

### Error de contacto lineal ( L )

Valor patrón ( mm )	Error ( μm )
10,000	0

### Error de contacto de superficie completa ( J )

Valor patrón ( mm )	Error ( μm )
9,999	0

### Error por la distancia de cruce de las superficies de medición para interiores ( K )

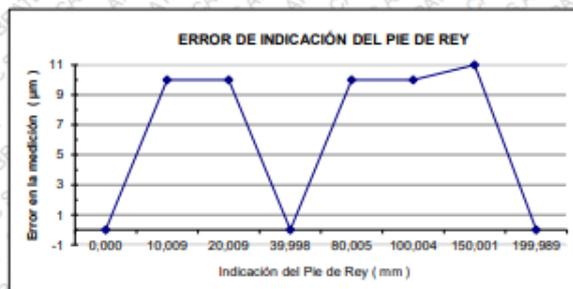
Valor patrón ( mm )	Error ( μm )
5,000	0

Incertidumbre de la medición :  $( 14,047^2 + 0,059^2 \cdot L^2 )^{1/2} \mu\text{m}$

L : Indicación del pie de rey expresado en milímetros ( mm )

**Nota 1 :** Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

**Nota 2 :** Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-L-004-2023**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 5 de 5

**12. Incertidumbre**

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

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-019-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0327	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Instrumento calibrado	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	OHAUS	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	R21PE30ZH	
N° de serie	8356390604	
Identificación	No indica	
Procedencia	China	
Capacidad máxima:	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Capacidad mínima	200 g	
Clase de exactitud	III	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817546 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:06:41-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-019-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad relativa	54 %	53 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 29966 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 5 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a  $0,00001\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente cuenta con el último certificado de calibración de la balanza, donde el error máximo de medición cercano a la capacidad máxima es de -0,3 g

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-019-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

### 12. Resultados de la medición

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C	Humedad	52,0 %	52,0 %
<b>Carga L1</b>	<b>15 000,3 g</b>		<b>Carga L2</b>	<b>30 001,2 g</b>	
I	$\Delta L$	E	I	$\Delta L$	E
g	g	g	g	g	g
15 000	0,8	-0,6	30 000	0,4	-1,1
15 000	0,6	-0,4	30 000	0,8	-1,5
15 000	0,6	-0,4	29 999	0,3	-2,0
15 000	0,8	-0,6	30 000	0,6	-1,3
15 000	0,4	-0,2	29 999	0,5	-2,2
15 000	0,6	-0,4	30 000	0,9	-1,6
15 000	0,5	-0,3	29 999	0,4	-2,1
15 000	0,6	-0,4	29 999	0,5	-2,2
15 000	0,7	-0,5	30 000	0,8	-1,5
15 000	0,6	-0,4	30 000	0,8	-1,5
Dif Máx. Encontrada	0,4		Dif Máx. Encontrada	1,1	
EMP	20		EMP	30	

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C	Humedad	51,0 %	51,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero $E_0$				Determinación del Error Corregido $E_c$				
	C. mínima g	I g	$\Delta L$ g	$E_0$ g	Carga L g	I g	$\Delta L$ g	E g	$E_c$ g
1		100	0,6	-0,1		10 000	0,6	-0,1	0,0
2		100	0,6	-0,1		10 000	0,8	-0,3	-0,2
3	100,0	100	0,6	-0,1	10 000,0	10 000	0,8	-0,3	-0,2
4		100	0,5	0,0		10 001	0,4	1,1	1,1
5		100	0,7	-0,2		9 999	0,6	-1,1	-0,9
Error máximo permitido ( $\pm$ )									20

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@calibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-019-2023

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15.2 °C	15.2 °C	Humedad	51.0 %	51.0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E <sub>0</sub> 100,0	100	0,6	-0,1						
200,0	200	0,6	-0,1	0,0	200	0,5	0,0	0,1	10
3 000,0	3 000	0,6	-0,1	0,0	3 000	0,5	0,0	0,1	10
6 000,3	6 000	0,5	-0,3	-0,2	6 000	0,6	-0,4	-0,3	20
7 500,3	7 500	0,8	-0,6	-0,5	7 500	0,7	-0,5	-0,4	20
10 000,0	10 000	0,6	-0,1	0,0	10 000	0,7	-0,2	-0,1	20
12 000,0	12 000	0,6	-0,1	0,0	12 000	0,6	-0,1	0,0	20
15 000,3	15 000	0,7	-0,5	-0,4	15 000	0,7	-0,5	-0,4	20
20 001,2	20 000	0,3	-1,0	-0,9	20 000	0,8	-1,5	-1,4	20
25 001,5	25 000	0,8	-1,8	-1,7	25 000	0,7	-1,7	-1,6	30
30 001,2	30 000	0,6	-1,3	-1,2	30 000	0,4	-1,1	-1,0	30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza  
I: Lectura de indicación de la balanza  
E: Error encontrado  
EMP: Error máximo permitido

E<sub>0</sub>: Error en cero  
Ec: Error corregido  
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,34 \text{ g}^2 + 0,0000000016 \text{ g}^2} \times R^2$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000036 \text{ g} \times R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

### 13. Incertidumbre

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

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-020-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0327	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento calibrado	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	
Marca	OHAUS	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	NV622ZH	
N° de serie	8341286316	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Identificación	No indica	
Procedencia	China	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad máxima:	620 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,01 g	
Capacidad mínima	0,2 g	
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	

Fecha de Emisión

2023-03-30



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:06:54-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-020-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,2 °C
Humedad relativa	54 %	53 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0908-001-22

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 620 g la balanza indicaba 619,39 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se han determinado de acuerdo a la NMP-003 "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático"
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 5 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C<sup>-1</sup> según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente cuenta con el último certificado de calibración de la balanza, donde el error máximo de medición cercano a la capacidad máxima es de 0,008 g

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-020-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

### 12. Resultados de la medición

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15,1 °C	15,2 °C	Humedad	52,0 %	52,0 %

Carga L1			Carga L2		
	300,000 g			600,001 g	
I	$\Delta L$	E	I	$\Delta L$	E
g	g	g	g	g	g
300,00	0,007	-0,002	600,00	0,007	-0,003
300,00	0,006	-0,001	600,00	0,007	-0,003
300,01	0,009	0,006	600,01	0,010	0,004
300,01	0,008	0,007	600,01	0,009	0,005
300,00	0,004	0,001	600,01	0,010	0,004
300,01	0,008	0,007	600,01	0,010	0,004
300,02	0,010	0,015	600,00	0,005	-0,001
300,01	0,007	0,008	600,01	0,009	0,005
300,00	0,003	0,002	600,01	0,008	0,006
300,01	0,007	0,008	600,01	0,009	0,005
Dif Máx. Encontrada	0,017		Dif Máx. Encontrada	0,009	
EMP	0,03		EMP	0,03	

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C	Humedad	52,0 %	52,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero $E_0$				Determinación del Error Corregido $E_c$				
	C. mínima g	I g	$\Delta L$ g	$E_0$ g	Carga L g	I g	$\Delta L$ g	E g	$E_c$ g
1	0,100	0,10	0,006	-0,001	200,000	200,00	0,005	0,000	0,001
2		0,10	0,007	-0,002		200,00	0,004	0,001	0,003
3		0,10	0,008	-0,003		200,01	0,008	0,007	0,010
4		0,10	0,005	0,000		200,00	0,006	-0,001	-0,001
5		0,10	0,006	-0,001		200,00	0,005	0,000	0,001
Error máximo permitido ( $\pm$ )									0,02

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-020-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	15.2 °C	15.2 °C	Humedad	51.0 %	51.0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E <sub>0</sub>	0,100	0,10	0,006	-0,001					
0,200	0,20	0,006	-0,001	0,000	0,20	0,006	-0,001	0,000	0,01
60,000	60,00	0,007	-0,002	-0,001	60,00	0,008	-0,003	-0,002	0,02
120,000	120,00	0,007	-0,002	-0,001	120,00	0,005	0,000	0,001	0,02
150,000	150,00	0,005	0,000	0,001	150,00	0,007	-0,002	-0,001	0,02
200,000	200,01	0,008	0,007	0,008	199,99	0,005	-0,010	-0,009	0,02
250,000	250,01	0,005	0,010	0,011	249,99	0,004	-0,009	-0,008	0,03
300,000	300,01	0,004	0,011	0,012	299,99	0,004	-0,009	-0,008	0,03
350,000	350,01	0,007	0,008	0,009	350,00	0,008	-0,003	-0,002	0,03
400,000	400,00	0,008	-0,003	-0,002	399,99	0,003	-0,008	-0,007	0,03
620,001	619,99	0,002	-0,008	-0,007	619,99	0,002	-0,008	-0,007	0,03

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza  
I: Lectura de indicación de la balanza  
E: Error encontrado  
EMP: Error máximo permitido

E<sub>0</sub>: Error en cero  
Ec: Error corregido  
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,000076 \text{ g}^2 + 0,00000000043 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000012 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

### 13. Incertidumbre

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

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 8

- Expediente: 0327
- Solicitante: G & C CONSULTORES CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
- Dirección: AV. SIMON BOLIVAR N° 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.
- Equipo: HORNO DE SECADO  
 Marca: ALFA  
 Modelo: 6-030/250  
 N° de serie: No indica  
 Procedencia: Turquía  
 Identificación: CI-0081  
 Ubicación: Laboratorio de Análisis y Ensayos

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

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

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

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

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

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	1	1,0 °C
Tipo	Digital	Digital

- Fecha de calibración: 2023-03-24

Fecha de Emisión

2023-03-29



Firmado digitalmente por:  
BARTOLO CHUQUIBALA JUAN  
CARLOS FIR 42443885 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:22:42-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 8

### 6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Análisis y Ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simón Bolívar N° 2740 -Puno

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	17,8 °C	17,5 °C
Humedad relativa	55,0 %	55,0 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K ( CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,16 °C a 0,18	LT-1111-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de recipientes metálicos con muestras.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Página 3 de 8

### 11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 17,4 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 3 horas  
El controlador se seteo en 110 °C

#### TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Tem. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T <sub>máx</sub> - T <sub>mín</sub> °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	121,2	124,5	140,7	120,0	121,1	104,7	101,6	95,4	105,0	102,6	113,7	45,2
02	110	121,4	124,5	141,0	120,1	121,2	104,8	101,5	95,1	105,2	102,8	113,7	45,8
04	110	121,2	124,7	141,1	120,0	121,4	104,7	101,5	95,0	106,7	102,9	113,9	46,0
06	110	121,7	124,7	141,3	120,2	121,7	105,4	101,5	95,4	105,9	103,4	114,1	45,8
08	110	121,7	125,1	141,0	120,3	121,8	105,1	101,3	95,8	105,9	102,9	114,1	45,2
10	110	121,7	124,6	140,8	121,0	121,7	104,9	101,5	96,4	106,1	103,3	114,2	44,4
12	110	121,1	124,2	140,3	120,9	121,6	105,3	101,5	96,0	105,8	103,1	114,0	44,3
14	110	120,9	123,9	139,6	120,5	121,2	105,1	101,7	96,3	105,1	103,3	113,8	43,3
16	110	120,5	123,2	139,0	120,3	120,9	105,1	101,5	96,1	104,7	102,9	113,4	42,9
18	110	120,2	123,5	138,1	119,8	120,6	105,1	101,4	95,7	105,8	102,8	113,3	42,4
20	110	120,0	122,8	137,5	119,5	120,3	104,4	101,2	95,8	104,1	102,4	112,8	41,7
22	110	119,6	122,5	137,1	119,3	119,9	104,4	101,5	95,4	104,7	102,1	112,6	41,7
24	110	119,6	122,5	136,8	118,9	119,8	104,6	100,8	95,5	104,2	102,2	112,5	41,3
26	110	119,0	122,1	136,8	118,9	119,7	104,2	100,6	95,2	102,6	102,1	112,1	41,6
28	110	119,3	122,1	136,6	119,0	119,5	104,1	100,6	95,2	103,8	102,0	112,2	41,4
30	110	119,1	122,0	136,4	118,8	119,4	104,2	100,2	95,0	104,0	101,8	112,1	41,4
32	110	119,1	121,7	136,2	118,9	119,3	104,1	100,8	94,8	104,4	101,4	112,1	41,4
34	110	118,9	122,2	136,7	118,8	119,5	104,1	100,5	94,8	103,6	101,6	112,1	41,9
36	110	119,4	122,2	137,6	119,0	119,5	103,8	100,6	94,9	104,4	101,9	112,3	42,7
38	110	119,6	122,4	138,2	119,1	120,0	104,1	100,6	94,9	104,9	102,0	112,6	43,3
40	110	119,8	122,6	138,5	119,4	120,1	104,2	100,8	94,7	104,5	101,9	112,6	43,8
42	110	119,8	122,5	138,4	119,3	120,2	104,2	100,8	95,4	103,8	102,1	112,6	43,0
44	110	120,0	123,1	138,4	119,3	120,4	104,5	100,4	94,9	105,7	102,0	112,9	43,5
46	110	120,0	122,8	138,6	119,3	120,3	104,4	100,8	94,8	104,3	102,0	112,7	43,8
48	110	119,8	122,6	138,5	119,6	120,4	104,3	100,8	94,8	103,6	101,9	112,6	43,7
50	110	120,3	123,3	138,9	119,2	120,5	104,1	100,6	94,0	105,7	102,1	112,9	44,9
52	110	120,4	123,8	139,5	119,5	120,8	104,5	101,1	94,0	104,9	102,2	113,1	45,4
54	110	120,8	123,8	140,0	119,4	121,0	105,0	101,0	94,7	103,7	102,5	113,2	45,2
56	110	121,1	124,0	140,5	120,0	121,4	105,1	101,1	94,5	104,7	102,4	113,5	45,9
58	110	121,0	123,9	140,4	120,2	121,4	104,6	101,2	95,5	106,6	102,6	113,7	44,9
60	110	121,1	124,1	140,2	120,1	121,4	104,6	101,6	95,4	105,1	102,6	113,6	44,8
62	110	121,2	124,4	140,4	119,9	121,6	105,1	101,6	95,6	105,3	102,5	113,8	44,8
64	110	121,2	124,2	140,4	120,0	121,7	104,8	101,3	95,2	106,5	103,1	113,8	45,1
66	110	121,3	124,3	140,4	120,1	121,7	105,0	101,4	95,7	104,7	103,1	113,8	44,7
68	110	121,2	124,4	140,2	120,3	121,6	105,0	101,5	95,1	105,0	102,8	113,7	45,1
70	110	121,2	124,1	140,3	119,9	121,5	105,2	101,5	95,1	105,8	103,0	113,8	45,1
72	110	121,3	124,2	140,2	120,0	121,7	105,5	101,7	95,0	104,5	103,4	113,7	45,1
74	110	121,4	124,4	140,4	120,1	121,5	105,1	101,6	95,2	104,7	102,8	113,7	45,1

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@calibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 8

### TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T <sub>máx</sub> - T <sub>mín</sub> °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
76	110	121,0	123,8	139,6	120,4	121,4	105,0	101,6	95,3	104,5	103,1	113,6	44,3
78	110	120,8	123,7	139,4	120,3	121,3	105,0	101,7	95,2	104,9	102,4	113,5	44,2
80	110	120,6	123,3	138,9	120,0	121,1	105,1	101,6	95,1	104,0	102,8	113,2	43,8
82	110	120,5	123,3	139,0	119,7	121,0	104,9	101,2	94,6	105,1	102,3	113,2	44,4
84	110	120,7	123,6	138,7	119,5	121,0	104,5	101,2	95,1	106,2	102,7	113,3	43,6
86	110	120,3	123,5	138,9	119,7	121,1	104,5	101,4	94,3	105,5	102,4	113,2	44,6
88	110	120,5	123,4	139,0	119,6	121,2	104,6	101,5	94,8	105,0	102,6	113,2	44,2
90	110	120,6	123,8	138,9	119,2	120,9	104,7	101,2	93,7	104,7	102,8	113,0	45,1
92	110	120,4	123,4	139,0	119,6	120,8	104,9	101,3	94,6	104,6	102,6	113,1	44,4
94	110	120,5	123,4	138,8	119,4	120,7	104,6	101,2	94,4	103,8	102,3	112,9	44,4
96	110	120,6	123,3	138,8	119,7	120,9	104,7	101,3	94,3	104,6	102,9	113,1	44,5
98	110	120,9	123,6	139,0	120,1	121,2	104,9	101,5	95,6	105,0	102,6	113,4	43,4
100	110	120,5	123,2	138,8	119,8	121,0	105,3	101,3	95,4	105,3	102,6	113,3	43,4
102	110	120,2	122,8	138,3	119,3	120,6	104,8	101,1	94,6	104,5	102,5	112,9	43,7
104	110	120,4	123,3	138,6	119,8	120,9	104,7	101,2	94,6	105,8	102,5	113,2	44,0
106	110	120,0	123,1	138,2	119,9	120,7	104,5	101,2	95,1	105,1	102,4	113,0	43,1
108	110	120,1	123,0	137,8	120,0	120,6	104,8	101,1	95,2	106,0	102,5	113,1	42,6
110	110	120,1	122,8	138,2	119,8	120,6	104,9	101,1	95,1	103,9	102,6	112,9	43,1
112	110	120,2	123,3	138,5	119,5	120,8	104,7	101,2	95,1	103,6	102,5	112,9	43,4
114	110	120,3	123,5	138,4	119,9	120,9	104,8	101,3	95,0	104,4	102,3	113,1	43,4
116	110	120,3	123,2	138,5	119,8	120,9	105,0	101,4	95,5	104,4	102,6	113,2	43,0
118	110	120,7	123,6	138,8	119,9	120,9	105,1	101,6	95,3	104,9	102,5	113,3	43,5
120	110	120,5	123,6	138,6	120,2	120,8	104,8	101,4	96,2	104,3	102,7	113,3	42,4
122	110	120,0	123,1	137,7	120,2	120,9	104,9	101,3	96,1	104,7	102,5	113,1	41,6
124	110	119,8	122,7	137,1	119,9	120,6	105,0	101,1	95,7	104,7	102,6	112,9	41,4
126	110	119,5	122,7	136,9	119,7	120,2	104,6	101,2	96,1	103,3	102,4	112,7	40,8
128	110	119,5	122,3	137,0	119,4	120,0	104,8	101,0	95,8	103,5	102,5	112,6	41,2
130	110	119,7	122,6	136,9	119,4	120,1	104,8	101,1	95,7	105,1	102,0	112,7	41,2
132	110	119,5	122,7	137,2	119,4	120,2	104,6	101,0	96,1	103,9	102,5	112,7	41,1
134	110	119,7	122,4	137,3	119,5	120,4	104,6	101,0	94,6	104,5	102,2	112,6	42,7
136	110	119,4	122,3	137,1	118,9	120,2	104,5	101,0	94,5	104,6	102,2	112,5	42,6
138	110	119,4	122,3	137,1	119,2	120,1	104,6	101,0	95,3	103,8	102,4	112,5	41,8
140	110	119,2	122,3	137,2	118,7	119,9	104,0	100,9	94,3	104,9	102,1	112,3	42,9
142	110	119,8	123,1	137,7	119,3	120,3	104,4	100,7	94,8	104,1	102,1	112,6	42,9
144	110	119,9	122,4	137,9	119,6	120,2	104,6	100,6	94,5	104,1	102,1	112,6	43,4
146	110	120,0	123,2	138,2	119,2	120,4	104,5	100,9	94,1	104,2	102,3	112,7	44,1
148	110	120,2	123,4	138,8	119,6	120,6	104,6	101,0	94,6	105,2	102,2	113,0	44,2
150	110	120,2	123,2	138,9	119,9	120,9	104,5	101,2	94,7	104,4	102,4	113,0	44,2
152	110	120,4	123,3	139,1	120,1	121,0	104,7	101,1	95,3	104,3	102,5	113,2	43,8
T. PROM		120,3	123,3	138,7	119,7	120,8	104,7	101,1	95,1	104,7	102,5	113,1	
Temp. máxima		121,7	125,1	141,3	121,0	121,8	105,5	101,7	96,4	106,7	103,4		
Temp. mínima		118,9	121,7	136,2	118,7	119,3	103,8	100,2	93,7	102,6	101,4		
DTT		2,9	3,4	5,1	2,3	2,5	1,7	1,5	2,7	4,1	2,0		

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@calibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Página 5 de 8

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	141,3	0,4
Mínima Temperatura medida	93,7	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5,1	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	43,5	0,2
Estabilidad medida	2,55	0,05
Uniformidad medida	46	0,1

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
- T<sub>MAX</sub> : Temperatura máxima.
- T<sub>MIN</sub> : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,6 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

**Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo NO CUMPLE con los límites especificados de temperatura**

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

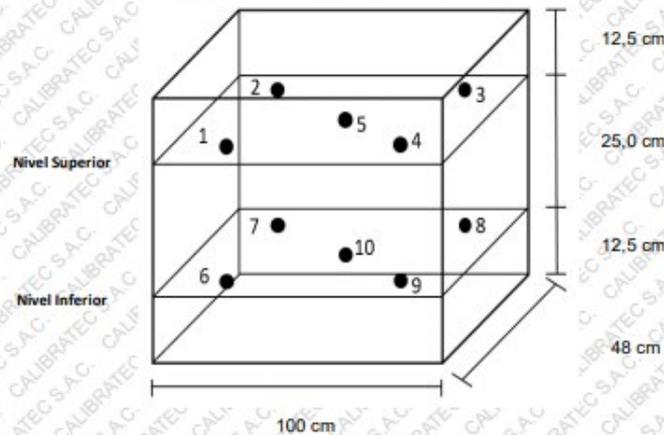
📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Página 6 de 8

### DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior

Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 15 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

#### Incertidumbre

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

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

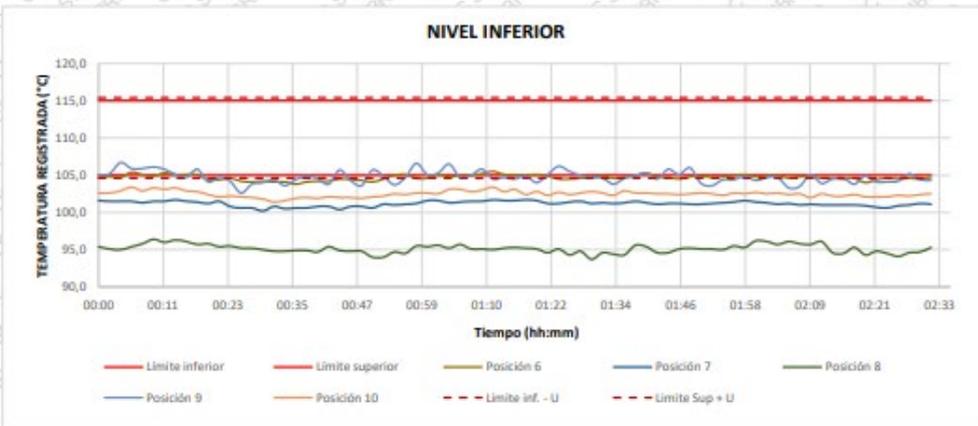
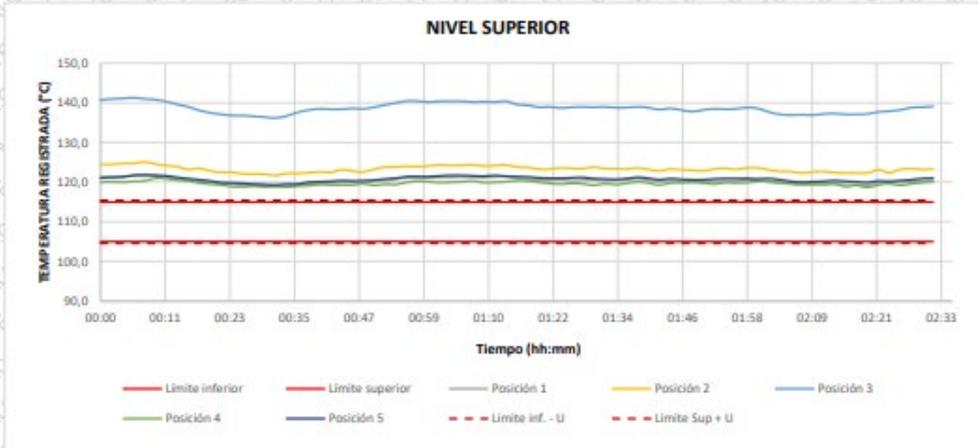
📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 8

TEMPERATURA DE TRABAJO DE  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-005-2023

Página 8 de 8

### FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0327	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	AV. SIMON BOLIVAR NRO. 2740 - PUNO - PUNO - PUNO.	
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA MANUAL MULTIUSOS CBR Y COMPRESIÓN NO CONFINADA)	
5. Fecha de calibración	2023-03-24	
Marca	No indica	
Modelo	No indica	
N° de serie	No indica	
Identificación	CI-0082 (*)	
Procedencia	China	
Intervalo de indicación	0 kgf a 5000 kgf	
Resolución	0,1 kgf	
Clase de exactitud	No indica	
Modo de fuerza	Compresión	

Fecha de Emisión

2023-03-29



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42917545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01/04/2023 10:23:00-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

### 6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de análisis y ensayos de G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. ubicado en Av. Simon Bolivar Nro. 2740 - Puno

### 8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	16,5 °C	16,8 °C
Humedad relativa	49 %	49 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 10 t con una incertidumbre de 45 kg	INF-LE N° 042-22 (A)

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

(\*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherido al instrumento.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

### 11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso kgf	Ascenso kgf	Ascenso kgf	Descenso kgf	Ascenso kgf		
%	kgf					kgf	kgf	
10	500	504,6	504,6	503,6	--	504,3	-4,3	
20	1000	1006,8	1008,8	1007,3	--	1007,7	-7,7	
30	1500	1508,7	1509,7	1511,2	--	1509,9	-9,9	
40	2000	2009,4	2009,9	2010,8	--	2010,0	-10,0	
50	2500	2504,7	2508,2	2508,2	--	2507,0	-7,0	
60	3000	3002,3	3002,3	3003,3	--	3002,6	-2,6	
70	3500	3496,1	3497,1	3495,6	--	3496,2	3,8	
80	4000	3992,0	3991,5	3993,5	--	3992,4	7,6	
90	4500	4488,2	4487,7	4489,2	--	4488,3	11,7	
100	5000	4983,5	4981,6	4984,5	--	4983,2	16,8	

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa a	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kgf						%
10	500	-0,85	0,19	--	0,02	--	2,09
20	1000	-0,76	0,19	--	0,01	--	1,21
30	1500	-0,66	0,16	--	0,01	--	0,96
40	2000	-0,50	0,07	--	0,01	--	0,85
50	2500	-0,28	0,14	--	0,00	--	0,80
60	3000	-0,09	0,03	--	0,00	--	0,77
70	3500	0,11	0,04	--	0,00	--	0,75
80	4000	0,19	0,05	--	0,00	--	0,74
90	4500	0,26	0,03	--	0,00	--	0,73
100	5000	0,34	0,06	--	0,00	--	0,72

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	Resolución relativa a %	Cero f0 %
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f<sub>0</sub>) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-026-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

### 12. Incertidumbre

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

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC